

PLAYA FLUVIAL EN EL RÍO MIÑO A SU PASO POR LUGO

RIVER BEACH IN RÍO MIÑO, LUGO

OCTUBRE 2015

Proyecto fin de Grado

Grado en Tecnología de la Ingeniería Civil

Belén Quiroga Vilamel



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS CANALES Y PUERTOS



UNIVERSIDADE DE A CORUÑA



FUNDACIÓN INGENIERÍA CIVIL GALICIA

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO I – MEMORIA

MEMORIA DESCRIPTIVA

MEMORIA DESCRIPTIVA

1. ANEJO Nº1 ESTUDIO CLIMÁTICO
2. ANEJO Nº2 ESTUDIO HIDROLÓGICO
3. ANEJO Nº3 ESTUDIO HIDRÁULICO
4. ANEJO Nº4 ESTUDIO GEOLÓGICO
5. ANEJO Nº5 ESTUDIO GEOTÉCNICO
6. ANEJO Nº6 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

DOCUMENTOII – PLANOS

1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO
2. SITUACIÓN ACTUAL
3. PLANTA GENERAL
4. PASEO
5. PLAYA FLUVIAL
6. CANEIRO
7. APARCAMIENTO
8. PAVIMENTOS
9. ASEOS Y DUCHAS

DOCUMENTOIII – PRESUPUESTO



DOCUMENTO I

MEMORIA



ÍNDICE

MEMORIA DESCRIPTIVA

MEMORIA DESCRIPTIVA

1. ANEJO Nº1 ESTUDIO CLIMÁTICO
2. ANEJO Nº2 ESTUDIO HIDROLÓGICO
3. ANEJO Nº3 ESTUDIO HIDRÁULICO
4. ANEJO Nº4 ESTUDIO GEOLÓGICO
5. ANEJO Nº5 ESTUDIO GEOTÉCNICO
6. ANEJO Nº6 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS



MEMORIA DESCRIPTIVA



ÍNDICE

1. ANTECEDENTES

- 1.1. INTRODUCCIÓN
- 1.2. SITUACIÓN ACTUAL

2. OBJETO DE ESTUDIO

3. TRABAJOS PREVIOS

- 3.1. CARTOGRAFÍA
- 3.2. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA
- 3.3. HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA

4. ALTERNATIVAS ESTUDIADAS

5. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

- 5.1. PASEO
- 5.2. PLAYA FLUVIAL
- 5.3. CANEIRO
- 5.4. APARCAMIENTO
- 5.5. ASEOS Y DUCHAS

6. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

7. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

8. PRESUPUESTO

9. DOCUMENTACIÓN QUE INTEGRA EL ANTEPROYECTO

10. CONCLUSIÓN



1. ANTECEDENTES

1.1. INTRODUCCIÓN

La redacción de este anteproyecto pretende completar los requisitos de la asignatura Proyecto de Fin de Grado (PFG) del 4º y último año del Grado en Tecnología de la Ingeniería Civil (Grado TECIC) que se imparte en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de A Coruña.

Dado el carácter académico de este anteproyecto hay que destacar que está sometido a simplificaciones y limitaciones. Se pretende en todo momento mantener el formalismo y los aspectos técnicos fundamentales y característicos de un anteproyecto.

El presente anteproyecto lleva por título "Playa fluvial en el río Miño a su paso por Lugo" y consta de los siguientes documentos: Memoria, Planos y Presupuesto.

1.2. SITUACIÓN ACTUAL

Lugo es un municipio, capital de la provincia de mismo nombre, situado en Galicia. Se trata de una zona de gran atractivo paisajístico del cual cabe destacar su gran interés histórico y cultural.

En la actualidad, la ciudad de Lugo mantiene una estrecha relación con el río Miño, si bien el cauce del río no se entrelaza con el tejido urbano de la ciudad, supone un cinturón verde que rodea el suroeste de la ciudad.

Por otra parte, en el lado Este de la ciudad se encuentra el río Da Chanco, un pequeño afluente del Miño que completa el cinturón verde.

Ambos ríos cuentan con paseos fluviales de sendas para peatones y mobiliario urbano debidamente situado a lo largo del recorrido.

2. OBJETO DE ESTUDIO

La elaboración de este anteproyecto surge ante la inexistencia de una oferta pública en la ciudad de Lugo para el baño en el río Miño, si bien es cierto que las instalaciones del Club Fluvial disponen de un área acondicionada para tal fin, sólo están disponibles para socios.

Cabe destacar que la existencia de la playa fluvial en la ciudad de Lugo supondría un mayor aprovechamiento de los recursos naturales que le brinda su entorno le brinda, mejorando el potencial de la zona para el disfrute social de la población lucense.

El objeto de este proyecto es que dicho aprovechamiento resulte sostenible desde un punto de vista medioambiental. La protección del entorno debe fundamentarse en una concienciación social del

valor de esta zona. Por tanto, las dotaciones y actuaciones que se prevén en el proyecto deben integrarse en el entorno.

Por último, debemos mencionar el *Plan Estratégico para el desarrollo socioeconómico de Lugo* elaborado por el Ayuntamiento y que tiene como objetivo central:

"Hacer de Lugo una ciudad moderna, vertebrada y activa en el marco territorial del noroeste español, que lidere e impulse los potenciales provinciales, a través de un mayor protagonismo como ciudad productiva, abierta y atractiva, que sea referente de un entorno natural, histórico y cultural de gran valor, con proyección y conocimiento exterior."

Concretamente, el objetivo 34:

"Completar y proteger el cinturón verde de la ciudad, respetando el medioambiente con especial atención al proyecto para unir las áreas del Río Da Chanca y paseo Río Miño y potenciarlas con zonas verdes, áreas de ocio,..."

Por tanto, la ejecución de la playa fluvial entra dentro de las expectativas de crecimiento y mejora de los servicios de la ciudad, así como suponer un nuevo foco de atracción para el turismo y el sector servicios de la ciudad.

3. TRABAJOS PREVIOS

3.1. CARTOGRAFÍA

La cartografía base utilizada ha sido el mapa Topográfico Nacional en soporte digital a escala 1:5.000, con curvas de nivel cada 5 metros, facilitada por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de A Coruña.

Para definir el cauce del río se emplearon perfiles transversales a escala 1:2.000 (horizontal) 1:200(vertical) de la serie "Definición del cauce, riberas y márgenes del río Miño, a su paso por la ciudad de Lugo." del año 1989 obtenidas gracias a la Confederación Hidrográfica del Miño-Sil.

Para aproximar más los datos obtenidos de ambas se realizaron interpolaciones, como las generadas a partir del programa HEC-RAS.

Por último, se emplearon las Ortofotos del PNOA Máxima actualidad como referencia y para representar las actuaciones en las zonas de estudio.

3.2. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

El área de estudio se encuentra cartografiada geológicamente en la Hoja 97 (Guntín) del Mapa Geológico de España. La zona se incluye dentro de la denominación Centro-Ibérica (JULIVERT, 1972) y según MATTE (1968), en la zona III, Galicia Oriental, que está caracterizada por la presencia de un Precámbrico esquisto, localmente cuarcítico, bastante potente y de gran monotonía petrográfica. Presencia de un Ordovícico y Silúrico con una modesta diversidad de facies formado parte del dominio de pliegues tumbados.



La zona de estudio se encuentra en la parte noreste de la hoja por tanto se corresponde con el área de la Unidad del Domo de Lugo.

En cuanto a la estratigrafía de la zona de estudio, podemos concluir que la capa más superficial corresponde a depósitos, que responden a suelos aluviales y conos de deyección.

- Los depósitos aluviales están formados, en general, por limos pardos y arcillas con cantos subredondeados poligénicos y heterométricos. La potencia de estos depósitos raramente supera los 5-6 m.
- Los conos de deyección están formados por derrubios heterométricos de arcillas y cantos cuya naturaleza varía en función del substrato sobre el que se apoyan.

Ambas formaciones superficiales se apoyan discordantes sobre la Serie de Villalba, de edad Precámbrica. Esta formación se compone de esquistos y gneis anfibólicos.

Los esquistos, considerados como típicos, presentan estructura equigranular de grano fino, con cuarzo y biotita mayoritarios, sobre moscovita, granate u otros componentes menores.

Los gneis anfibólicos Son rocas de extraordinaria compacidad y dureza, de color gris verdoso o azulado, que presentan un bandeo típico, motivado por la concentración de anfíboles en ciertos planos de la esquistosidad.

La potencia de esta serie es difícil de estimar, aunque puede cifrarse entre varios centenares y el millar de metros.

Referido a la geotecnia, se ha pretendido conseguir las características geotécnicas del suelo para prever la capacidad de carga, asentamientos, estabilidad y otros efectos causados por las obras que en él se apoyen. Surge el problema de que estos efectos y propiedades no son únicamente dependientes del terreno, si no que tanto desde un punto de vista práctico como teórico dependen también de la obra o estructura, de su rigidez, geometría y sobre todo, de las características y dimensiones de la cimentación.

Todos estos datos se pueden encontrar de forma más detallada en los anejos **nº4 Estudio geológico** y **nº5 Estudio Geotécnico** de la memoria justificativa de este documento.

3.3. HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA

La cuenca del Miño tiene una ordenación básicamente lineal, forma un valle alargado en el que se encuentra el río principal, que recibe numerosos afluentes por ambas márgenes. Es un río notablemente regular, aunque se observa una variación notable entre el caudal de invierno y el de verano..

El área de la cuenca desde el nacimiento del río hasta la zona de estudio es de unos 2.220 Km². El río Miño nace en la sierra de Meira y desemboca en el estuario de A Guarda, haciendo frontera con Portugal.

Se emplearon distintos métodos para calcular los caudales asociados a distintos períodos de retorno:

Métodos empíricos

Los métodos empíricos para el cálculo de caudales de avenida se emplean para obtener una primera aproximación del resultado.

Se basan en datos de la cuenca como puede ser el área y el período de retorno, por tanto, la extrapolación del cálculo a cuencas distintas para las que no han sido obtenidos conlleva errores y falta de precisión. Los resultados obtenidos han de ser respaldados y comparados con métodos más fiables que sean aplicables a cualquier tipo de cuenca.

Método racional

Este método hidrometeorológico fue diseñado para calcular el caudal máximo de avenida en cuencas pequeñas (tiempo de concentración bajo) y para una duración de la precipitación mayor que el tiempo de concentración de la cuenca.

Admite que la única componente de la precipitación que interviene en la generación de caudales máximos es la escorrentía superficial. En cuencas grandes pierde precisión.

El Método Racional calcula el caudal punta en función de la intensidad de precipitación, del área de la cuenca y el coeficiente de escorrentía de la misma

Datos		Q(m ³ /s)	
Z _{máx}	(m) 695 m	T ₅	533,8
Z _{mín}	(m) 368 m	T ₁₀	537,55
L	(km) 75 km	T ₅₀	806,10
I	(m/m) 0.00436	T ₁₀₀	965,36
T _c	(h) 31.07 h	T ₂₀₀	1193,13
		T ₅₀₀	1405,33

Los datos empleados en el estudio hidráulico son los obtenidos mediante el método racional, ya que se consideran de mayor exactitud y presentan mayor concordancia con los datos obtenidos de las estaciones foronómicas.

Para el estudio hidráulico se empleó el programa HEC-RAS para la modelización del cauce del río. Los principales objetivos de este estudio es el cálculo de las avenidas del periodo de retorno, así como el comportamiento del río en la situación habitual de uso de la playa fluvial. Por ello en los cálculos se añade una situación con el caudal medio de la época estival.

Para la modelación del cauce del río se emplean los siguientes datos:

Descripción del entorno

Las longitudes de los tramos estudiados son de 2000 y 1000 metros respectivamente, ambas con una pendiente media del 0.00084%.

Las distintas secciones transversales se introdujeron a mano. Partiendo de estas secciones transversales, el programa realiza secciones intermedias mediante interpolaciones cada 20 metros.

Coeficiente de Manning

Los valores adoptados son los siguientes:



- Cauce del río:
Corriente natural, con algunas piedras y vegetación: Coeficiente 0.03
- Llanuras de inundación:
En la Zona I podemos distinguir dos zonas:

La mayor parte de la longitud del tramo está conformada por hierba, matorrales y árboles dispersos a la que le corresponde el valor 0.04. En un tramo corto existe un muro de hormigón, con acabado en grava al que le asignaremos el valor 0.02

En la Zona II asumimos que todo el tramo pertenece a la primera tipología mencionada con el valor 0.004

Condiciones de contorno

Las condiciones de contorno introducidas por el usuario representan un punto de partida que permite al programa resolver las ecuaciones ya mencionadas en los apartados anteriores.

En el estudio, en ambos tramos analizados se ha llevado a cabo el estudio en régimen mixto, lo que obliga a introducir condiciones de contorno tanto aguas arriba como aguas abajo.

Las condiciones de contorno establecidas en los dos tramos son las de calado normal con una pendiente del caude del 0.0084% aguas arriba y aguas abajo.

Elementos singulares

- Zona I

Se modela el muro existente como un muro perpendicular al cauce del río y una compuerta situada en la parte derecha de dimensiones 5x1 metros, adoptadas después de la observación visual del lugar.
 - Zona II

El caneiro existente en esta zona permite el paso del agua sin tener que llegar a rebasar la altura del mismo, por lo que para la modelización del mismo se calculó el tramo en primer lugar sin el muro y después se añadió el muro con la altura de la cota de agua obtenida en dicha sección.
- Todos estos datos se pueden encontrar de forma más detallada en los anejos **nº3 Estudio Hidrológico** y **nº4 Estudio Hidráulico** de la memoria justificativa de este documento.

4. ALTERNATIVAS ESTUDIADAS

- Para la elección de la solución más adecuada se han tenido en cuenta cuatro criterios funfamentales:
- Criterio funcional
 - Criterio económico
 - Criterio medioambiental
 - Criterio de impacto visual

Se le asignará a cada alternativa una puntuación de 1 a 10 para cada criterio de selección (siendo los valores altos los positivos) y se ponderarán dichas puntuaciones según los siguientes factores:

Criterio	Factor de ponderación
Funcional	0.3
Económico	0.2
Medioambiental	0.25
Impacto visual	0.25

Tabla 1. Factores de ponderación

En el **Anejo nº 6 Estudio de Alternativas** se plantean las diferentes soluciones que pueden ser adoptadas para diferentes elementos del anteproyecto, como se recoge a continuación:

Emplazamiento

Zona I

La primera de las opciones se encuentra en el margen izquierdo del Miño, en el paseo fluvial ya construido.

El área de recreo cuenta con una zona muy amplia de casi dos hectáreas de terreno, por lo que el espacio sería suficiente para habilitar todos los servicios requeridos sin crear un gran impacto visual en el entorno, en la actualidad dispone de unas 30 plazas de aparcamiento, que resultan insuficientes, provocando aparcamientos indebidos y ocupación de uno de los carriles en las épocas de mayor afluencia.

La zona destinada al baño tiene un calado aproximado de 2 m en condiciones normales, con el calado medio de la época estival, podemos estimarlo en 1,6 m aproximadamente y con velocidades suficientemente bajas.

Los márgenes del río son bastante verticales, lo que obligaría a suavizar la sección para permitir al usuario la entrada en el agua de forma más cómoda y segura.

Zona II

La segunda situación estudiada se encuentra en la desembocadura del río A Chanca en el río Miño.

La zona está más alejada del núcleo urbano, es mucho menos frecuentada y carece de tanta actividad en verano. El espacio disponible para en esta localización es incluso mayor, de unas cuatro hectáreas, el espacio para las infraestructuras necesarias está asegurado.

En este tramo del río la profundidad y las velocidades son mucho menores. En el cauce del río existe un caneiro que lo cruza de lado a lado, dicha estructura está deteriorada en ciertos puntos, lo que supone un riesgo para la gente que lo transita. La rehabilitación del mismo, a parte de una mejora del entorno aumentaría un poco el nivel de la lámina de agua, haciendo que el baño fuera más cómodo y agradable.



Alternativa	Funcional	Económico	Medioamb.	Imp.Visual	Total
Zona I	8	9	5	5	6.7
Zona II	8	7	6	7	7.05

Tabla 2. Valoración emplazamiento

La alternativa escogida es la Zona II, esta opción conlleva un mayor número de actuaciones ya que se plantea la unión definitiva del paseo del Miño y el paseo del río A Chanca y la actuación sobre el caneiro.

Se considera esta la mejor opción, entre otros motivos, por permitir una mejor distribución del flujo de usuarios a lo largo de todo el paseo, en lugar de concentrarse en la zona inicial como pasa en la actualidad.

Zona de baño

Se plantean distintas ejecuciones materiales para la resolución de la zona de baño:

- Plataforma de madera
- Hormigón
- Arena
- Piedra

Alternativa	Funcional	Económico	Medioamb.	Imp.Visual	Total
Plataforma de madera	6	8	9	8	7.65
Hormigón	7	10	4	2	5.6
Arena	6	9	5	7	6.6
Piedra	7	8	7	9	7.7

Tabla 3. Valoración zona de baño

Se considera la piedra como la mejor solución por presentar mayor comodidad para los usuarios, ser respetuosa con el medioambiente y concordancia con el paisaje natural sin suponer un coste extremadamente elevado.

Aparcamiento

Las tipologías analizadas para el pavimento del aparcamiento son las siguientes:

- Mezcla bituminosa en caliente sobre zahorra artificial
- Adoquines

Aparcamiento

Alternativa	Funcional	Económico	Medioamb.	Imp.Visual	Total
Mezcla bituminosa	9	8	4	4	6.3
Adoquines	7	6	8	7	7.05

Tabla 4. Valoración aparcamiento

La opción escogida es el adoquín dado la preferencia en la zona de peatones sobre los vehículos y que el impacto ambiental del es mucho menor.

Pavimento continuación del paseo fluvial

Se valoraron las siguientes soluciones:

- Pavimento con losas de pizarra
- Pavimento con madera
- Pavimento de jabre

Alternativa	Funcional	Económico	Medioamb.	Imp.Visual	Total
Losas de pizarra	8	6	8	6	7.1
Madera	7	6	8	7	7.05
Jabre	8	8	8	9	8.25

Tabla 5. Valoración continuación del paseo fluvial

Teniendo en cuenta la continuidad con el tramo anterior, por lo que se considera que el pavimento de jabre es el más adecuado para la obra.

Actuación sobre el caneiro

Se plantean varias opciones:

- Retirada de la estructura
- Reparación
- Remodelación con pasarela de madera

Actuación sobre el caneiro

Alternativa	Funcional	Económico	Medioamb.	Imp.Visual	Total
Retirada	3	4	9	8	5.95
Reparación	5	6	5	7	5.1
Remodelación	8	3	5	6	6.0

Tabla 6. Valoración actuación sobre el caneiro

La opción que resulta elegida es la remodelación del caneiro, incluyendo sobre él una pasarela de madera para crear un espacio extra para los usuarios de la playa fluvial y evitar el riesgo que supone caminar sobre él en la actualidad.

5. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

Dada la gran importancia paisajística de la zona de actuación, se pretende que las soluciones adoptadas respetuosas con el medio en medida de lo posible.

A continuación se detallan las distintas partes del proyecto:

5.1. PASEO

El tramo de paseo proyecta responde únicamente a la necesidad de unir definitivamente ambos paseos, el Paseo del Miño y el Paseo el río da Chanca.

El trazado pretende continuar la senda existente creada por el paso de los viandantes. El punto inicial y el final del trazado, por tanto, pertenecen a los paseos ya existentes y tanto el trazado en planta como en alzado se ajusta a los mismos.

Trazado en planta

El trazado es prácticamente paralelo al cauce del río y se aprovecha el recorrido de la senda de tierra existente, la longitud de dicho tramo es de 460m y se proyecta una anchura de 3 metros para todo el recorrido.

Trazado en alzado

La rasante se diseñó atendiendo a las siguientes condiciones:

- La limitación de pendiente: pendientes máximas del 10%
- Respeto a la rasante natural del terreno en medida de lo posible.

Firmes y pavimentos

Para la pavimentación del paseo peatonal se ha elegido el jabre por ser un material que se integra perfectamente en el entorno natural y que posee unas buenas características para el buen camino de peatones e incluso permite el paso de bicicletas.

El jabre se dispone sobre una base de 20cm de zahorra natural ZN(30) compactada previa aplicación de un geotextil de 150g/m² y delimitado a ambos lados con un remate en bloque de granito.

Se dispone de una pendiente del 2% en dirección al río para la evacuación directa de las aguas pluviales.

Al no existir una red de drenaje para el paseo, se hace fundamental la buena ejecución y el cuidado del lecho granular sobre el que reposa y la compactación previa del terreno, para así evitar los asientos.

5.2. PLAYA FLUVIAL

Se realizará la playa fluvial en la margen izquierda del río, aprovechando el resguardo ofrecido por el caneiro como se mencionó con anterioridad. Se plantea una variación de la pendiente de la orilla del río para ofrecer una entrada en el agua de manera más cómoda y segura.

El nuevo perfil de la orilla se ejecutará con piedra natural, contenida por sucesivos topes de mampostería ordinaria granítica que permitirán disminuir el efecto de transporte de la corriente de agua.

El espacio destinado al baño se delimita con un muro de mampostería de mayor tamaño, dicho bordea la sección modificada para mantener la geometría deseada y consta de unas escaleras en la parte central que facilitan el descenso hasta la zona de baño.

5.3. CANEIRO

En la zona de proyecto, como ya se mencionó con anterioridad existe un caneiro que cruza el cauce del río, se plantea la reparación del mismo en las zonas que están en mal estado, así la habilitación de una pasarela de madera apoyada sobre el mismo en un lateral y pilotada en el extremo opuesto.

La pasarela permite mejorar la superficie sobre la que los usuarios caminaban e incluso empleaban en ocasiones de asiento, mejorando así su funcionalidad y seguridad.

La pasarela se ejecuta en madera de pino silvestre tratada para la intemperie y cuenta con un ancho de 1,2 m. En la parte final se dispone una superficie mayor aprovechando el quiebro del caneiro, obteniendo así 3,5 metros de ancho que permiten un mayor uso de la plataforma y mayor uso por parte de los usuarios de la playa fluvial.

5.4. APARCAMIENTO

El aparcamiento diseñado tiene capacidad para 44 plazas de aparcamiento y 2 a mayores para minusválidos en una superficie de 1265m², las plazas tienen unas dimensiones de 5x2,5metros y se distribuyen de forma que permitan la circulación a todos los vehículos.

Pavimento

El pavimento del aparcamiento se ejecuta en adoquines de dimensiones 8x8x8cm asentados sobre una capa de mortero de cemento de 5 cm.

Sobre la explanada del terreno natural se dispone una subbase de zahorra artificial huso ZA(40)/ZA(25) extendida en una capa de 20 cm, seguida de una base de 15 cm de hormigón HM-20.

5.5. ASEOS Y DUCHAS

Los equipamientos se sitúan más alejados del cauce del río debido a que se pretende evitar la zona de inundación del caudal de la avenida de 50 años.

Se dispone una caseta de madera en base rectangular realizada con pilares de madera de pino silvestre tratado en autoclave, con el exterior de contrachapado decorativo imitación. Dicha caseta



incluye sanitarios de porcelana en tres compartimentos uno doble para señoras, uno para discapacitados y el otro también doble para señores.

Por último se instalarán dos grupos de duchas de acero inoxidable en frente de los aseos para dar servicio a los bañistas. Se dispondrán sobre unas tarimas de 1,2x1,2 metros de pino silvestre tratado en autoclave.

6. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

El estudio de seguridad y salud en el trabajo establece las previsiones respecto a prevención de riesgos de accidentes y enfermedades profesionales, así como los derivados de los trabajos de reparación, conservación y mantenimiento, y a las instalaciones preceptivas de higiene, salud y bienestar de los trabajadores.

El estudio servirá para dar unas directrices básicas a la empresa constructora para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales, facilitando su desarrollo, de acuerdo con el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se implanta la obligatoriedad de la inclusión de un Estudio de Seguridad y Salud en los proyectos de Edificación y Obras Públicas.

No se incluye dicho estudio al tratarse de un anteproyecto, si se estima en el presupuesto de ejecución material una partida alzada en concepto de Seguridad y Salud a la que se adjudican 30.000€.

7. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Debido al carácter de anteproyecto de este documento no se incluye el estudio de impacto ambiental. En el documento completo del proyecto se deberá incluir dicho estudio en el que se incluyan los impactos más importantes sobre el medio físico y socio económico y se definan las medidas correctoras a aplicar para disminuirlos como indica la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.

8. PRESUPUESTO

En el documento nº3 "Presupuesto" se obtienen a partir de las mediciones y unidades de obra correspondientes los siguientes presupuestos:

CAPÍTULO	SUBCAPÍTULO	EUROS	%
01.TRABAJOS PREVIOS		7.492,12	3,40
02.MOVIMIENTOS DE TIERRAS		4.159,00	1,89
03. LIMPIEZA DEL CAUCE		2.304,12	1,05
04.PAVIMENTOS			
	04.01 PASEO	44.781,00	20,31
	04.02 APARCAMIENTO	29.971,89	13,60
05.PASARELA DE MADERA		19.796,45	8,98
06.PLAYA FLUVIAL		25.783,09	11,70
07.ASEOS Y DUCHAS		48.120,78	21,83
08.PARTIDAS ALZADAS		38.0000	17,24
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	220.408,45	100

Concepto	Euros(€)
gastos generales 13%	28.653,10
Beneficio industrial 6%	13.224,51
Suma GG y BI	41.877,61
Presupuesto sin Iva	262.286,06
21%IVA	55.080,07
Total presupuesto con iva	317.366,13

TOTAL PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN
317.366,13€

9. DOCUMENTACIÓN QUE INTEGRA EL ANTEPROYECTO

Documento 1.Memoria

- Memoria Descriptiva
- Memoria Justificativa
 - 01_Estudio climatológico
 - 02_Estudio hidrológico
 - 03_Estudio hidráulico
 - 04_Estudio geológico
 - 05_Estudio geotécnico
 - 06_Estudio de alternativas

Documento 2. Planos

- 01_Situación
- 02_ Situación actual
- 03_Planta general
- 04_Paseo
- 05_Playa fluvial
- 06_Caneiro



07_Aparcamiento

08_Pavimentos

09_Aseos y duchas

Documento 3. Presupuesto

10. CONCLUSIÓN

Considerando que el presente anteproyecto está redactado de acuerdo a las normas vigentes sobre la materia y que contiene los documentos reglamentarios, se somete a su consideración por parte de la Escuela Técnica Superior de Caminos, Canales y Puertos de A Coruña.

A Coruña, octubre 2015

La autora del proyecto

Belén Quiroga Villamel



MEMORIA JUSTIFICATIVA



ÍNDICE

1. ANEJO Nº1 ESTUDIO CLIMÁTICO
2. ANEJO Nº2 ESTUDIO HIDROLÓGICO
3. ANEJO Nº3 ESTUDIO HIDRÁULICO
4. ANEJO Nº4 ESTUDIO GEOLÓGICO
5. ANEJO Nº5 ESTUDIO GEOTÉCNICO
6. ANEJO Nº6 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS



ANEJO N° 1

ESTUDIO CLIMÁTICO



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. ELECCIÓN DEL OBSERVATORIO
3. DATOS CLIMÁTICOS
 - 3.1. DESCRIPCIÓN CLIMATOLÓGICA GENERAL
 - 3.2. PLUVIOSIDAD Y TEMPERATURA
 - 3.2.1. DATOS CLIMÁTICOS TÉRMICOS
 - 3.2.2. DATOS PLUVIOMÉTRICOS
 - 3.3. OTROS DATOS CLIMÁTICOS
 - 3.3.1. DATOS CLIMÁTICOS DE INTERÉS
4. RÉGIMEN DE VIENTOS
5. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL
6. RIESGOS CLIMÁTICOS
7. CONCLUSIÓN



1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente anejo, consiste en determinar las características climáticas de la zona d estudio, fundamentales en el diseño, construcción, explotación y posibles condicionantes para el usuario de la playa fluvial.

Además, este estudio será fundamental tanto para la elección del mobiliario urbano, como de la arboleda y jardinería del área del proyecto.

Se manejan fuentes municipales y de estaciones meteorológicas, teniendo en cuenta que su ubicación no es exactamente la de la zona analizada.

2. ELECCIÓN DEL OBSERVATORIO

Para establecer el tipo y características del clima de la zona de actuación se ha elegido la estación meteorológica de Lugo-Rozas (aeródromo), que es una estación perteneciente a la Red del Instituto de Meteorología(Ministerio de Medio Ambiente), es decir, que efectúa toda clase de observaciones climatológicas ordinarias y está dotada para ello de aparatos de gran precisión y registradores. Esta estación está situada a una altitud de 444m y sus coordenadas geográficas son 43°06'5''N / 7°27'22''O.

La siguiente tabla recoge los datos de la estación:

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	I
Enero	6.2	10.6	1.8	114	83	14.0	1.7	0.2	6.8	11.5	-
Febrero	7.0	12.3	1.7	87	19	11.1	1.7	0.2	6.7	10.7	-
Marzo	9.2	15.2	3.0	80	74	11.2	0.8	0.5	6.4	6.3	146
Abril	10.0	15.7	4.3	102	75	14.0	0.7	1.4	5.8	2.8	-
Mayo	13.2	19.3	7.2	81	73	11.6	0.0	3.4	7.0	0.4	191
Junio	16.1	22.3	9.9	52	73	6.6	0.0	1.9	7.9	0.0	211
Julio	18.2	24.4	12.0	34	73	4.6	0.0	1.4	7.8	0.0	231
Agosto	18.5	25.2	11.8	36	72	5.2	0.0	1.8	10.2	0.0	240
Septiembre	16.4	23.0	9.8	68	75	7.7	0.0	1.2	11.5	0.0	179
Octubre	12.9	18.3	7.6	137	81	13.6	0.0	0.7	8.2	0.7	135
Noviembre	8.9	13.3	4.5	144	85	14.3	0.3	0.6	8.1	5.1	86
Diciembre	6.9	11.0	2.7	134	85	13.8	1.0	0.4	6.7	10.2	85
Año	12.0	17.6	6.3	1052	77	126.3	6.0	13.8	94.0	49.6	-

Tabla 1. Datos climatológicos de la estación de Rozas (Lugo).Fuente: Agencia Estatal de Meteorología

- T: Temperatura media mensual/ anual(°C)
- TM: Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
- Tm: Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
- R: Precipitación mensual/anual media(mm)
- H: Humedad relativa (%)

- DR: Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm
- DN: Número medio mensual/anual de días de nieve
- DT: Número medio mensual/anual de días de tormenta
- DF: Número medio mensual/anual de días de niebla
- DH: Número medio mensual/anual de días de helada
- I: Número medio mensual/anual de horas de sol

3. DATOS CLIMÁTICOS

3.1. DESCRIPCIÓN CLIMATOLÓGICA GENERAL

A continuación se presentan unos mapas que darán una idea de las características climatológicas de la zona de proyecto en comparación con las del resto de Galicia:

Temperatura media anual (°C)

En este mapa se puede observar cómo las temperaturas van disminuyendo desde la costa hacia el interior. Las temperaturas son más elevadas en el borde oceánico, gracias a la acción moderadora del mar, en cambio, a medida que nos alejamos de la costa, las temperaturas descienden debido a que desaparece el influjo marítimo y a que aumenta la altitud. La tª media en la zona de proyecto es de 11-12°C



Fig 1. Distribución de las temperaturas medias anuales. Atlas climático de Galicia

Precipitaciones acumuladas anuales (mm)

El mapa nos muestras que las áreas que registran mayor cantidad de lluvia se sitúan en las tierras orientales más elevadas y en una franja norte-sur que discurre por las provincias de Coruña y Pontevedra, donde la altitud media es poco elevada y permite el paso de los vientos oceánicos cargados de humedad, mientras que el mínimo pluviométrico costero corresponde al frente de Finisterre-Golfo Artabro.

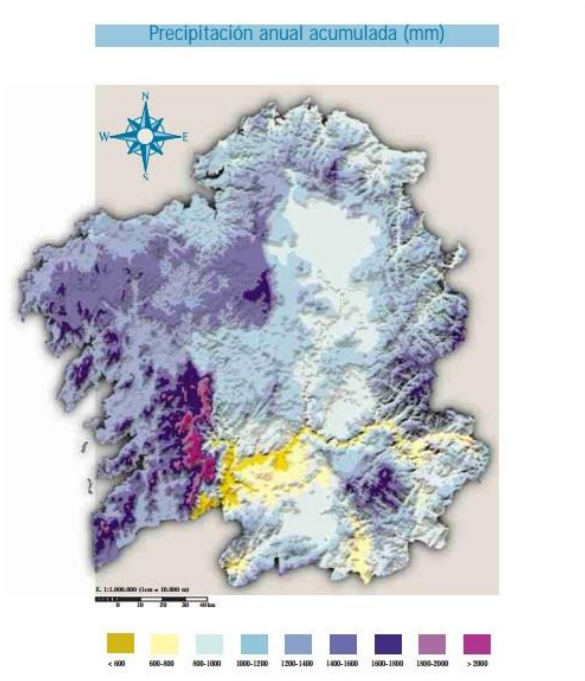


Fig 2. Distribución de las precipitaciones anuales. Atlas climático de Galicia

Riesgo de Helada:

El riesgo de heladas para la zona de Lugo se corresponde a la clase M, que son zonas en las que el riesgo de helada dura entre tres y seis meses.

Régimen ombrotérmico:

Los dominios ombrotérmicos son el resultado de la combinación de los regímenes pluviométrico y termométrico. Su representación nos muestra de forma sencilla la variedad de ambientes climáticos. Galicia muestra una amplia diversidad de ambientes termopluviométricos. Destaca el dominio húmedo-cálido de la cara atlántica. La zona de estudio pertenece al dominio subhúmedo-templado.

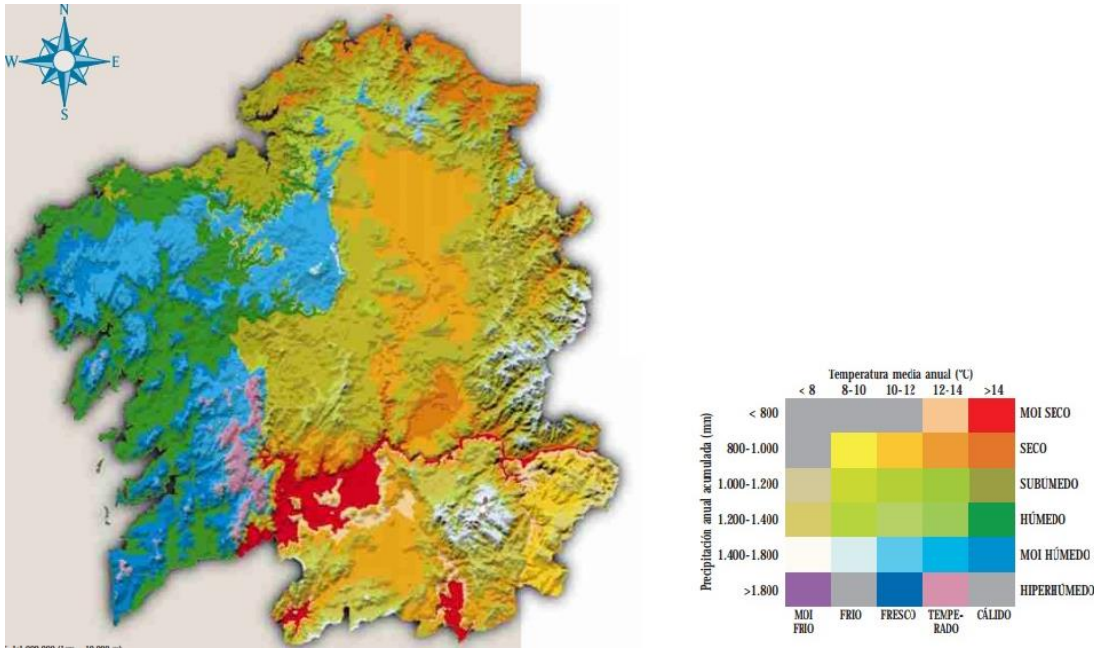


Fig 3. Distribución de los dominios ombrotérmicos. Atlas climático de Galicia

3.2. PLUVIOSIDAD Y TEMPERATURA

En esta zona, las condiciones climáticas influyen de forma directa sobre las características geomorfológicas e hidrológicas, y de forma indirecta sobre las características geotécnicas.

Esta zona posee un clima templado húmedo con un cierto matiz de continentalidad, en el cual los procesos de alteración química se verifican con relativa intensidad, mientras que los fenómenos de erosión física, tales como la insolación, actúan débilmente; aunque la acción de las heladas se hace notar en invierno debido a esa continentalidad del clima.

Las variaciones de temperaturas son pequeñas, con una media anual máxima de 5°C a 7°C. La humedad es intensa, en torno al 70%, y el cielo está cubierto la mayor parte del año.

La pluviosidad es elevada, alcanzando el lugar la categoría de "lluviosa", si bien esta precipitación es de forma suave pero continua.

La abundante vegetación existente, caracterizada por bosques de caducifolias y cada vez más de pinos y eucaliptos, favorece los procesos antes apuntados, al evitar la rápida desecación de los suelos y provocar en ellos una inicial ruptura física por medio del crecimiento en profundidad de sus raíces.

3.2.1. DATOS CLIMÁTICOS TÉRMICOS

Resumen de los datos sobre temperaturas en la estación de Rozas-Lugo:

Mes	T	TM	Tm
Enero	6.2	10.6	1.8
Febrero	7.0	12.3	1.7
Marzo	9.2	15.2	3.0
Abril	10.0	15.7	4.3
Mayo	13.2	19.3	7.2
Junio	16.1	22.3	9.9
Julio	18.2	24.4	12.0
Agosto	18.5	25.2	11.8
Septiembre	16.4	23.0	9.8
Octubre	12.9	18.3	7.6
Noviembre	8.9	13.3	4.5
Diciembre	6.9	11.0	2.7
Año	12.0	17.6	6.3

T: Temperatura media mensual/ anual(°C)
TM: Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
Tm: Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)

3.2.2. DATOS PLUVIOMÉTRICOS

Tabla resumen de los datos pluviométricos en la estación de Rozas-Lugo:

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
R	114	87	80	102	81	52	34	36	68	137	144	134

R: Precipitación mensual media (mm)



3.3. OTROS DATOS CLIMÁTICOS

3.3.1. DATOS CLIMÁTICOS DE INTERÉS

Resumen de los valores extremos registrados en la estación de Rozas-Lugo
Períodos de tiempo en los que se han registrado los datos:

- Precipitación: 1951-2015
- Temperatura:1985-2015
- Viento:1986-2015

Número de días de lluvia en el mes:	29(Enero 2011)
Máximo número de días de nieve en el mes	7(Diciembre 2009)
Máximo número de días de tormenta en el mes	12(Mayo 1989)
Precipitación máxima en un día:	73.8 l/m2 (9 Junio 2010)
Precipitación mensual más alta:	353.2l/m2(dic 2000)
Prec. mensual más baja (l/m2)	0.0 (mar 1997)
Racha máx. viento: velocidad y dirección (Km/h)	Vel 122, Dir 180 (15 oct 1987)
Tem. máx. absoluta (°C)	41.2 (20 jul 1990)
Tem. media de las máx. más alta (°C)	29.5 (jul 1990)
Tem. media de las mín. más baja (°C)	-2.8 (ene 1992)
Tem. media más alta (°C)	21.5 (ago 2003)
Tem. media más baja (°C)	3.6 (ene 1992)
Tem. mín. absoluta (°C)	-10.0 (23 dic 2005)

4. RÉGIMEN DE VIENTOS

La profunda dependencia del régimen de vientos de las características topográficas locales de una determinada zona, hace que sea imposible establecer un régimen de vientos válido para toda ella.

Los datos registrados sirven, sin embargo para establecer las características del esquema general de vientos de la zona. En efecto, el análisis de los registros de las citadas estaciones se desprende de que los vientos reinantes proceden del primer y tercer cuadrante, particularmente los del SW, N, W y NE, (ordenados de mayor a menor frecuencia).

Estas características medias sufren oscilaciones estacionales; así, en primavera y verano predominan los vientos del N y NE, mientras que en otoño e invierno, son más frecuentes los vientos del W y SW.

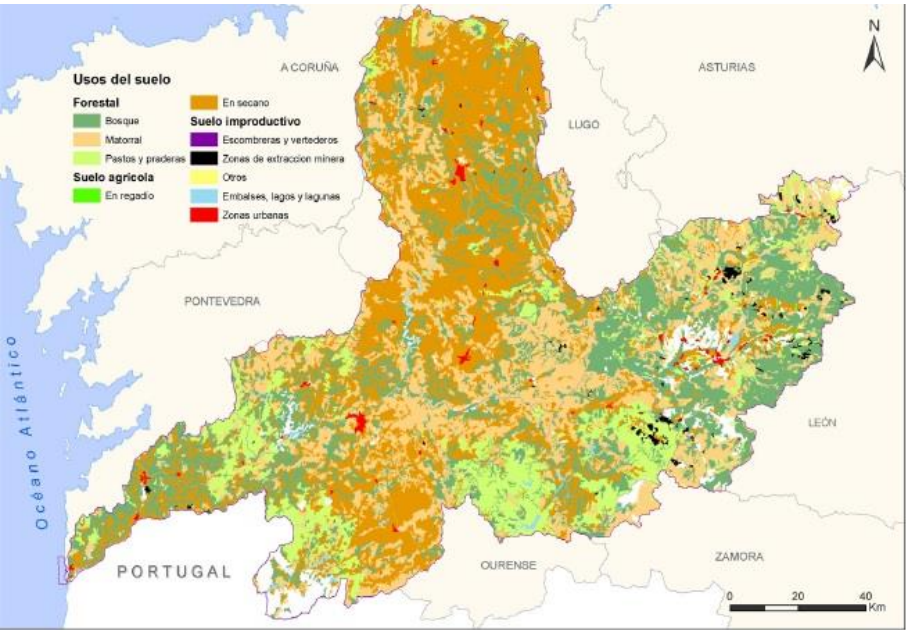
5. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL

Junto con la precipitación, la evaporación y la transpiración son procesos que forman parte del ciclo hidrológico, que puede ser entendido como un flujo continuo de agua en el sistema tierra-atmósfera.

La evaporación es un proceso físico, en cambio la transpiración es un proceso biológico, por lo que en la evapotranspiración los factores que la condición también son tanto físicos como biológicos: la diferencia de presión, la temperatura, la velocidad del viento, estado de crecimiento de la vegetación, tipo de vegetación o grado de desarrollo del aparato radicular.

Por tanto, el uso del suelo nos da una idea del tipo de vegetación en cada zona, e¡hecho que condicionará la evapotranspiracion.

En la Demarcación hidrográfica del Miño-Sil, destaca, por la superficie que ocupan, los cultivos de secano, representando un 32%, seguido de los bosques y matorrales con una extensión cercana al 26% en ambos casos. La superficie ocupada por praderas naturales asciende a un 12%. Las zonas unrbanas y de extracción minera alcanzan el 1% de la superficie y el 4% del territorio restante son usos improductivos del territorio.



Fuente: Corine Land Cover. Año 2000

Fig. 4. Usos del suelo. Demarcación hidrográfica Miño-Sil

La ETP(Evapotranspiración Potencial) anual media ponderada en Galicia es de 712 mm, variando entre mínimos inferiores a los 500 mm en las áreas de mayor altitud sudorientales, hasta máximos superiores a los 800 mm en la franja litoral das Rías Baixas. En verano se registran la mayor concentración de demanda potencial de agua.

Las provincias interiores, Lugo y Ourense, muestran valores más bajos de ETP, que sólo superan los 750 mm en la costa lucense y en el valle del Miño-Sil.

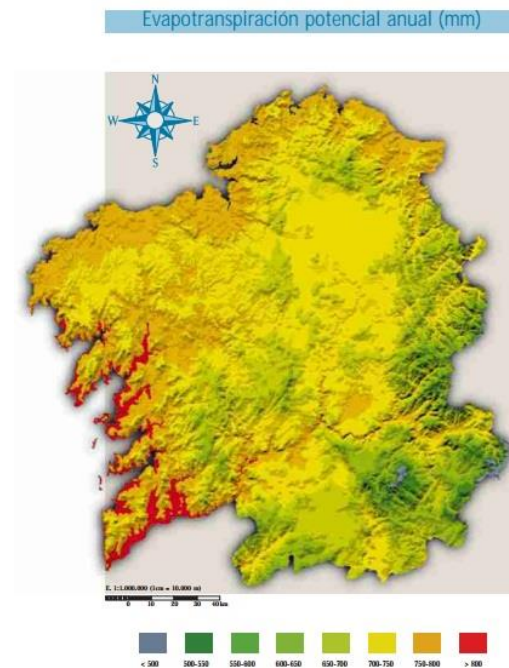


Fig. 5. Evapotranspiración potencial anual(mm) en Galicia. Atlas climático de Galicia

6. RIESGOS CLIMÁTICOS

Inundaciones

Las inundaciones son un aspecto relevante de las relaciones clima-agua-territorio y un problema importante en la gestión de un recurso que puede dar lugar a sucesos catastróficos ocasionalmente.

La lluvia es un fenómeno irregular en tiempo y en espacio, pudiendo manifestarse de forma extrema en episodios de elevada precipitación, debido a una concentración de la eficacia pluviométrica en periodos cortos de tiempo o a secuencias prolongadas de días lluviosos. Estos últimos suelen desencadenar inundaciones en áreas con ciertas particularidad geomorfológicas, geológicas o edáficas, que las hace especialmente susceptible.

Situaciones de elevada precipitación

Estas situaciones son generadas por condiciones atmosféricas propiciadoras de una fuerte inestabilidad y gran escala, es decir, que favorecen amplios movimientos verticales tanto de aire húmedo como seco. Estos procesos desencadenan un tiempo caracterizado por una fuerte actividad condensadora y abundante nubosidad.

Enero es el mes con mayor número de eventos de elevada precipitación, seguido de febrero, octubre, marzo, noviembre y septiembre. El resto de los meses muestran valores muy inferiores, incluso en agosto no se registró ninguno de estos periodos.

Otro aspecto a destacar es el casi absoluto predominio de la componente SW en los vientos de superficie asociados a los extremos de precipitación.

7. CONCLUSIÓN

El clima es de tipo montañoso húmedo, con una temperatura media anual que oscila entre los 10-12°C, una amplitud térmica media de 11° y extrema entre 8° y 20°.

Julio es el mes en el que se registra el valor máximo de temperatura media mensual y enero el mes más frío. El período frío 5-10°C abarca desde diciembre a marzo. El período fresco 10-15°C tiene lugar en los meses de abril, mayo, octubre y noviembre. El período templado 15-20°C entra en los meses de junio a septiembre.

La precipitación anual ronda los 1000mm. Estos niveles de precipitación son un valor elevado en el conjunto de la provincia de Lugo.

El período de bajas precipitaciones se centra en los meses de junio a agosto, durante el cual se recoge el 10,6% de la precipitación anual. El período de altas precipitaciones abarca de octubre a mayo y supone el 85% de la precipitación anual acumulada. El carácter estacionario de la precipitación es marcado, ya que a una primavera seca y a un verano de corte seco se siguen un otoño y un invierno extremadamente húmedos.



ANEJO N°2

ESTUDIO HIDROLÓGICO



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA
3. MÉTODOS EMPÍRICOS
4. MÉTODO RACIONAL
5. CONCLUSIONES
6. GRÁFICOS Y TABLAS

1. INTRODUCCIÓN

El siguiente anejo pretende analizar el comportamiento del río Miño en la zona del proyecto.

Para ello se analizará la cuenca hidrográfica correspondiente y las avenidas de diseño con distintos períodos de retorno.

Los datos empleados para el estudio fueron tomados del anuario de aforos del CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas), concretamente de las estaciones foronómicas número 1621 y 1622 por ser las más próximas a la ubicación del proyecto.

2. DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA

La situación del proyecto pertenece al Ámbito de Planificación Norte I, comprendido dentro la Cuenca Hidrográfica Norte. La extensión total de la Cuenca Hidrográfica es de 38.384 Km² y se extiende por las Comunidades Autónomas de Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco, Navarra y Castilla y León.

El Ámbito de Planificación Norte I comprende el territorio español de las cuencas de los ríos Miño, Sil y la parte española de la cuenca del río Limia.

A efectos prácticos, este ámbito comprende una superficie total de 17.717 Km², ocupando una parte importante de Galicia (46.8 %), y extensiones muy reducidas de Castilla y León (4.4%) y Asturias(0,2%). Cabe señalar, asimismo, que dos capitales provinciales, Ourense y Lugo, se asientan dentro de este ámbito.



Fig. 1 Cuenca Hidrográfica Miño-Sil

Características geológicas y fisiográficas del Ámbito de Planificación Norte I

En este Ámbito de Planificación se agrupa la parte española de los territorios drenados por el Miño, con su afluente el Sil, y la parte española del río Limia. Tanto el Miño como su afluente el Sil son ríos captosres que, a favor de sus gradientes, se han ido interiorizando en los montes gallegos y en la cordillera cantábrica.

Referente a la orografía, las mayores alturas de Galicia se encuentran en las sierras orientales. Hacia el oeste se encuentra la meseta Central lucense, una vasta extensión llana.

Las cuencas del Miño, el Sil y la pequeña parte española del Limia, tienen una ordenación básicamente lineal, forman valles alargados en los que se centra el río principal, que recibe numerosos afluentes por ambas márgenes.

En cuanto a la litología, las pizarras constituyen el grupo predominante y casi exclusivo, existiendo granitos, calizas y dolomías, y arcosas en una proporción ínfima.

Los terrenos de base son arcaicos o de comienzos de la época primaria, y por consiguiente impermeables, es por ello que este Ámbito de planificación está constituido por zonas sin acuíferos o con acuíferos de carácter local y aislado.

Características climatológicas

El entorno de la Confederación Hidrográfica del Norte coincide sustancialmente, desde el punto de vista climático, con la llamada España verde. Este tipo presenta unas características climáticas de inviernos suaves, veranos frescos, aire húmedo, abundante nubosidad y precipitaciones frecuentes en todas las estaciones.

Centrándonos en Características el Ámbito de Planificación Norte I, la pluviometría tiene un amplio rango de variación, oscilando entre 700 y 1.900 mm/año, siendo la influencia atlántica y la propia morfología de la cuenca las que marcan estas precipitaciones.

La precipitación media anual es de 1.175 mm para el conjunto del Ámbito de Planificación.

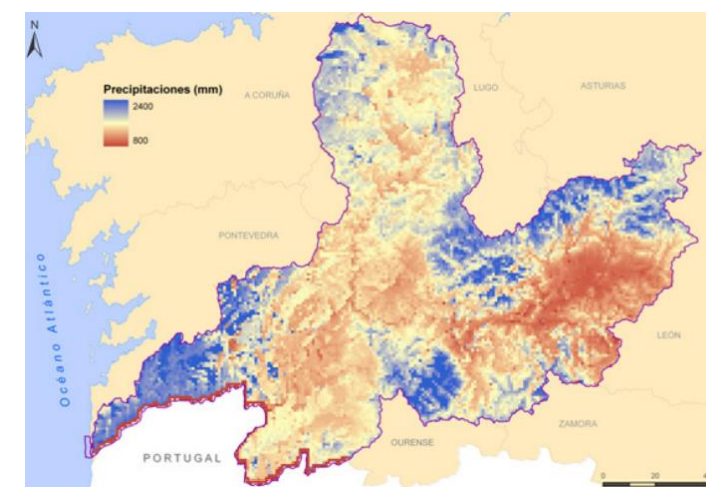


Fig.2 Distribución de precipitaciones

El ciclo anual de la precipitación presenta las máximas lluvias en diciembre-enero (a veces en noviembre o en febrero); y las mínimas en julio seguido de agosto. En algunos casos se produce un máximo secundario de precipitación en primavera.

El número de días de precipitación anual disminuye en la dirección Noroeste-Sureste, alcanzando el mínimo en Orense y Ponferrada con unos 110 días al año de precipitación.

En referencia a la termometría, resulta evidente la influencia atlántica, que suaviza los valores extremos en las áreas próximas a la costa e incluso se deja sentir a lo largo de los valles del Miño y del Sil, si bien va perdiendo eficacia hacia el interior. De este modo se pasa de un régimen templado-cálido en el litoral hasta un marítimo fresco tierra adentro, alcanzándose un pirenaico frío en las áreas montañosas de mayor altitud de la cabecera del Sil.

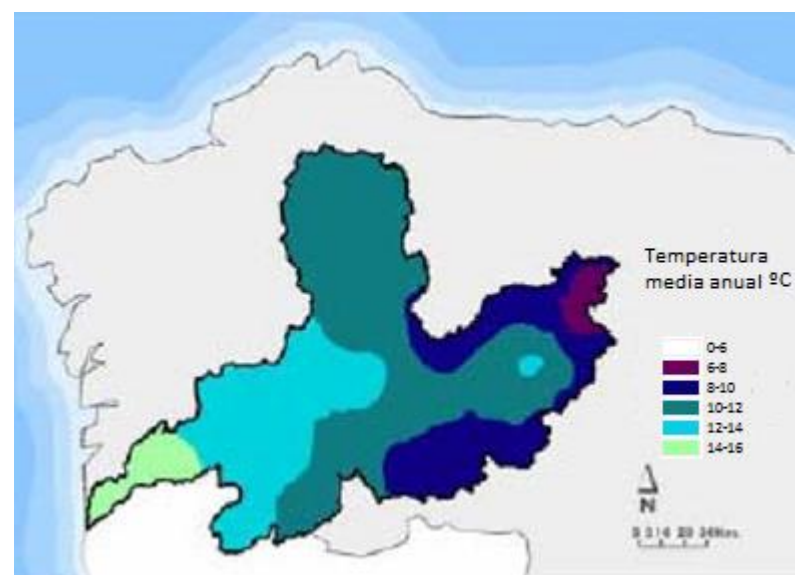


Fig. 3 Distribución de precipitaciones

La evapotranspiración potencial oscila entre cerca de 600 mm y algo más de 750 mm, siendo máxima en las depresiones intramontañosas y en el sector inferior del valle del Miño.

El factor nieve, aunque importante en casi todas las áreas montañosas por encima de los 1.000 m de altitud, tiene incidencia máxima, por los volúmenes recibidos y su persistencia, en los macizos más elevados, en particular, aquellos abiertos a los vientos de los cuadrantes tercero y cuarto. Es el caso del nudo de Peña Trevinca, entre la Sierra del Eje y la Cabrera Baja, Cabeza de Manzaneda, la Sierra de Queixa y los Ancares.

De acuerdo con la clasificación climática de la UNESCO, existe un único tipo de región climática, en este Ámbito de Planificación, que es la húmeda.

Red fluvial

Las cuencas más importantes pertenecientes a la Confederación Hidrográfica del Miño-Sil son las cuencas del Miño, Sil y Limia.

Las cuencas del Miño y del Limia son en su totalidad gallegas, mientras que la del Sil tiene una pequeñísima parte en Asturias, casi la mitad en León y el resto en Galicia.



Fig. 4 Red fluvial de la cuenca hidrográfica Miño-Sil

La génesis de estos ríos y su fuerte labor erosiva sobre materiales en general muy resistentes han determinado la formación de valles profundos, estrechos y pendientes, que sólo se abren y suavizan cuando hilvanan alguna depresión intramontañosas.

Se enmarca en la vertiente atlántica, con una ordenación básicamente lineal, formando valles alargados en los que se centra el río principal, que recibe numerosos afluentes, muchos de ellos de orden menor, que afluyen por ambas márgenes. Se caracteriza por tener ríos cortos y de caudal abundante. En esta red, la cuenca vertiente en cualquiera de sus puntos es superior a 10 km² y la aportación media anual en régimen natural es superior a 0,1 m³/s..

3. MÉTODOS EMPÍRICOS

Los métodos empíricos para el cálculo de caudales de avenida se emplean para obtener una primera aproximación del resultado.

Se basan en datos de la cuenca como puede ser el área y el período de retorno, por tanto, la extrapolación del cálculo a cuencas distintas para las que no han sido obtenidos conlleva errores y falta de precisión. Los resultados obtenidos han de ser respaldados y comparados con métodos más fiables que sean aplicables a cualquier tipo de cuenca.



Los datos empleados para los cálculos se obtienen de la estación foronómica del Cedex nº 1622, dicha estación se encuentra aguas arriba del tramo estudiado, se considerarán válidos los datos dada su proximidad.

Fórmula de Quijano

Obtiene el caudal de avenida para un periodo de retorno de 100 años.

Q100 = 17Ac^0.66

Fórmula de Zapata

Calcula el caudal de avenida para un periodo de retorno de 100 y 1000 años, en nuestro caso:

Q100 = 21Ac^0.6

Fórmula de Santi

Cálculo del caudal de avenida para un periodo de retorno de 100, 500 y 100 años, en nuestro caso y siendo el área de la cuenca mayor a 2000 Km²:

Q100 = 35Ac^0.66

Q500 = 50Ac^0.66

Fórmula de Gete

Cálculo de los caudales de avenida en función del periodo de retorno y el área de la cuenca:

QT = (4 + 16 * log10T) * Ac^0.5

Fórmula de Témez

La fórmula de Témez tiene en cuenta la precipitación máxima diaria asociada a un periodo de retorno, así como el área de la cuenca:

QT = 0.03 * PT * Ac^0.75 * log10T

El cálculo de la precipitación máxima diaria asociada a un periodo de retorno se calculará mediante el procedimiento expuesto en la publicación Máximas lluvias diarias en la España Peninsular, 1999 (Ministerio de Fomento).

PT = Kt * P

El valor P y el factor Kt se obtendrán a partir de los Gráficos 1,2 y la Tabla 1 adjuntos al final del documento, extraídos de la publicación mencionada anteriormente.

Factor Kt en función del periodo de retorno obtenido de la Tabla 1:

	T5	T10	T50	T100	T200	T500
Kt	1,217	1,438	1,961	2,220	2,480	2,831

Resultados

Método	Q5	Q10	Q50	Q100	Q200	Q500
Quijano	-	-	-	2.745,21	-	-
Zapata	-	-	-	2.136,03	-	-
Santi	-	-	-	5.651,92	-	8.074,17
Gete	714,82	941,57	1.468,08	1.694,83	1.921,59	2.221,34
Témez	494,60	836,12	1.937,18	2.581,61	3.318,04	4.442,70

Caudales: (m³/s)

Para todos los cálculos se emplea el Ac= 2216.4Km² correspondiente a la estación foronómica nº1622

4. MÉTODO RACIONAL

Este método hidrometeorológico fue diseñado para calcular el caudal máximo de avenida en cuencas pequeñas (tiempo de concentración bajo) y para una duración de la precipitación mayor que el tiempo de concentración de la cuenca.

Admite que la única componente de la precipitación que interviene en la generación de caudales máximos es la escorrentía superficial. En cuencas grandes pierde precisión.

El Método Racional calcula el caudal punta en función de la intensidad de precipitación, del área de la cuenca y el coeficiente de escorrentía de la misma:

Q = (C * I * Ac) / 3.6

Donde A es el área de la cuenca (km²), Q es el caudal punta (m3/s), I la intensidad media máxima (mm/h) para el periodo de retorno T asociada al tiempo de concentración de la cuenca y C es el coeficiente de escorrentía medio.

Intensidad media máxima para el periodo de retorno

Para el cálculo de la intensidad media máxima para un determinado periodo de retonrno empleamos las siguientes expresiones extraídas de la Instrucción 5.2-IC Drenaje Superficial publicada por el Ministerio de Obras Públicas:

It = Ia * (I1/Ia)^(28^0.1 - tc^0.1 / 28^0.1 - 1)

Siendo I1 (mm/h) la Intensidad media máxima para el periodo de retorno asociado

Tc (h) hace referencia al tiempo de concentración de la cuenca, obtenido por la fórmula de Témez, recomendada en la instrucción:

Tc = 0.3 * (L/i^0.25)^0.76



Datos

Z _{máx} (m)	695 m
Z _{min} (m)	368 m
L (km)	75 km
I (m/m)	0.00436
T _c (h)	31.07 h

El valor de I_t se calcula a partir de P_t , como anteriormente se mencionó en la fórmula de Témez empleando los Gráficos 1 y 2 y la Tabla 1.

El último de los valores empleados es la relación $\frac{I_1}{I_d}$ obtenida en el Gráfico 3.

Coeficiente medio de escorrentía

El coeficiente C de escorrentía define la proporción de la componente superficial de la precipitación de intensidad I, y depende de la razón entre la precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno y al umbral de escorrentía P_o , a partir del cual se inicia ésta:

$$C = \frac{\left[\left(\frac{Pd}{Po}\right) - 1\right] * \left[\left(\frac{Pd}{Po}\right) + 23\right]}{\left[\left(\frac{Pd}{Po}\right) + 11\right]^2}$$

El umbral de escorrentía P_o se obtiene de la Tabla 3, al ser una cuenca heterogénea se dividirá en áreas parciales con coeficientes de escorrentía independientes y se obtendrá un coeficiente compuesto para el área total de la cuenca.

El Gráfico 4 ofrece el factor de corrección necesario para ponderar P_o .

Uso de la tierra	Pendiente	Car. Hidr.	Gr. Suelo	%cuenca	Po(mm)
Matorral(Masa forestal)	>3%	Espesa	D	30	23
Masa forestal(conífera, eucalipto)	>3%	Espesa	D	25	23
Labor(rotación cultivos densos)	>3%	R/N	D	23	10
Praderas	>3%	Buena	D	22	13

$$P_o = 0.3 * 23 + 0.25 * 23 + 0.23 * 10 + 0.22 * 13 = 17.81mm$$

Aplicando el factor corrector del Gráfico 4: $P_o = 17.81 * 1.6 = 28.50mm$

Resultados

	K _t	P _d (mm)	I _d (mm/h)	I ₁ /I _d	I _t	C	Q(m³/s)
T ₅	1,217	73,02	3,04	8	5,63	0,154	533,8
T ₁₀	1,438	86,28	3,60	8	6,67	0,201	537,55
T ₅₀	1,961	117,66	4,90	8	9,08	0,296	806,10
T ₁₀₀	2,220	133,2	5,55	8	10,28	0,337	965,36
T ₂₀₀	2,480	148,8	6,20	8	11,48	0,375	1193,13
T ₅₀₀	2,831	169,86	7,08	8	13,11	0,421	1405,33

5. CONCLUSIONES

Se han realizado los cálculos de los caudales correspondientes a los distintos periodos de retorno empleando distintos métodos. Se observan diferencias considerables entre los resultados obtenidos, debido a las imprecisiones implícitas a cada uno de los métodos.

Los métodos empíricos, como mencionamos anteriormente, emplean muy pocos datos en el cálculo, por lo que sólo se tendrán en cuenta como una aproximación al resultado final.

El método racional se basa en un estudio hidrometeorológico que recolecta datos sobre las precipitaciones producidas durante una serie larga de años. Se aplican los pasos indicados por la instrucción 5.2-IC "Drenaje Superficial". Por todo ello este método es el que nos ofrece resultados más fiables y ajustados a la realidad, por tanto, serán los caudales utilizados en el estudio hidráulico.

6. GRÁFICOS Y TABLAS

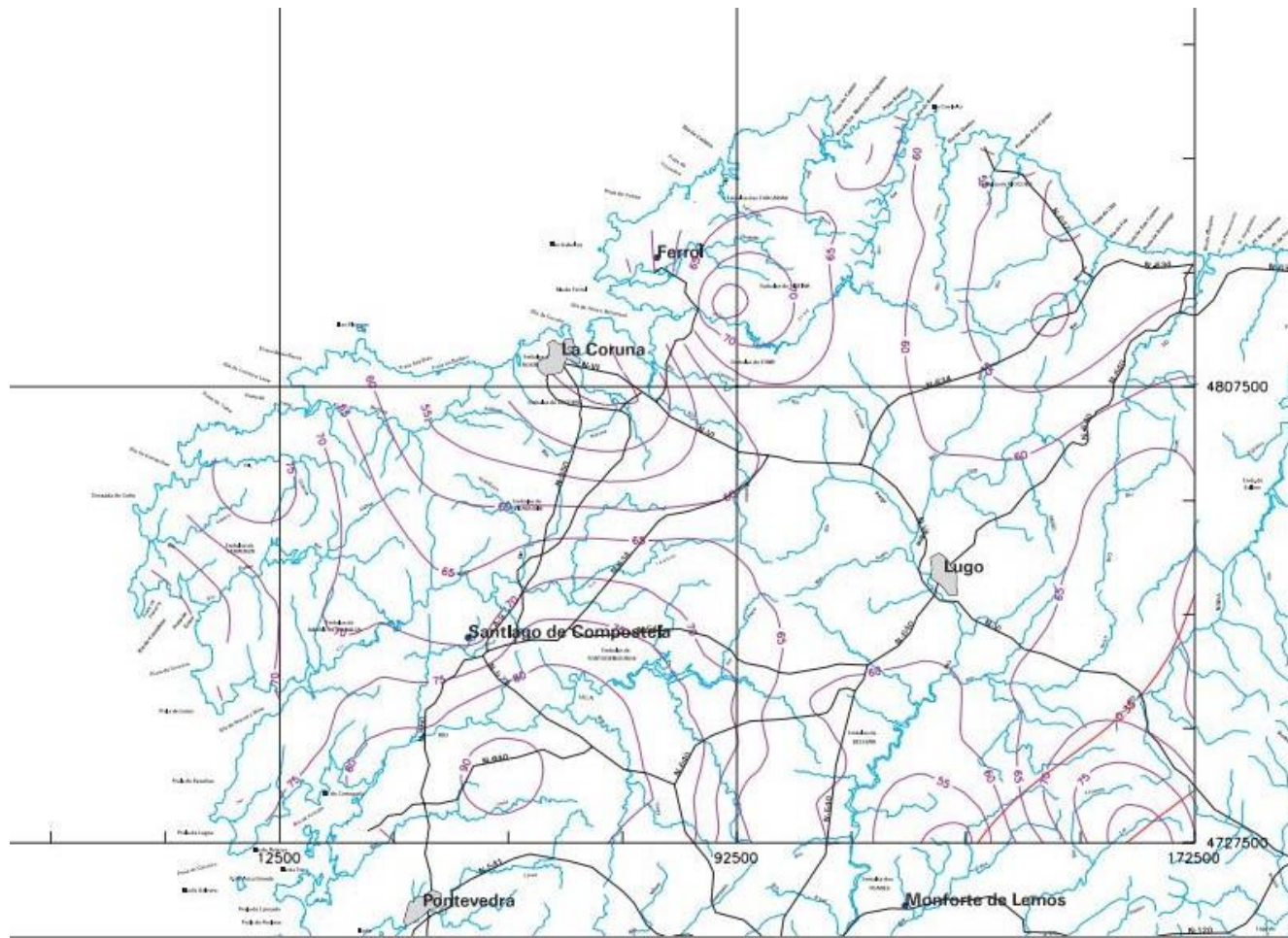


Gráfico 1- Hoja 1.1 Plano isótopa \bar{P} . Máximas lluvias diarias en la España Peninsular, 1999 (Ministerio de Fomento).

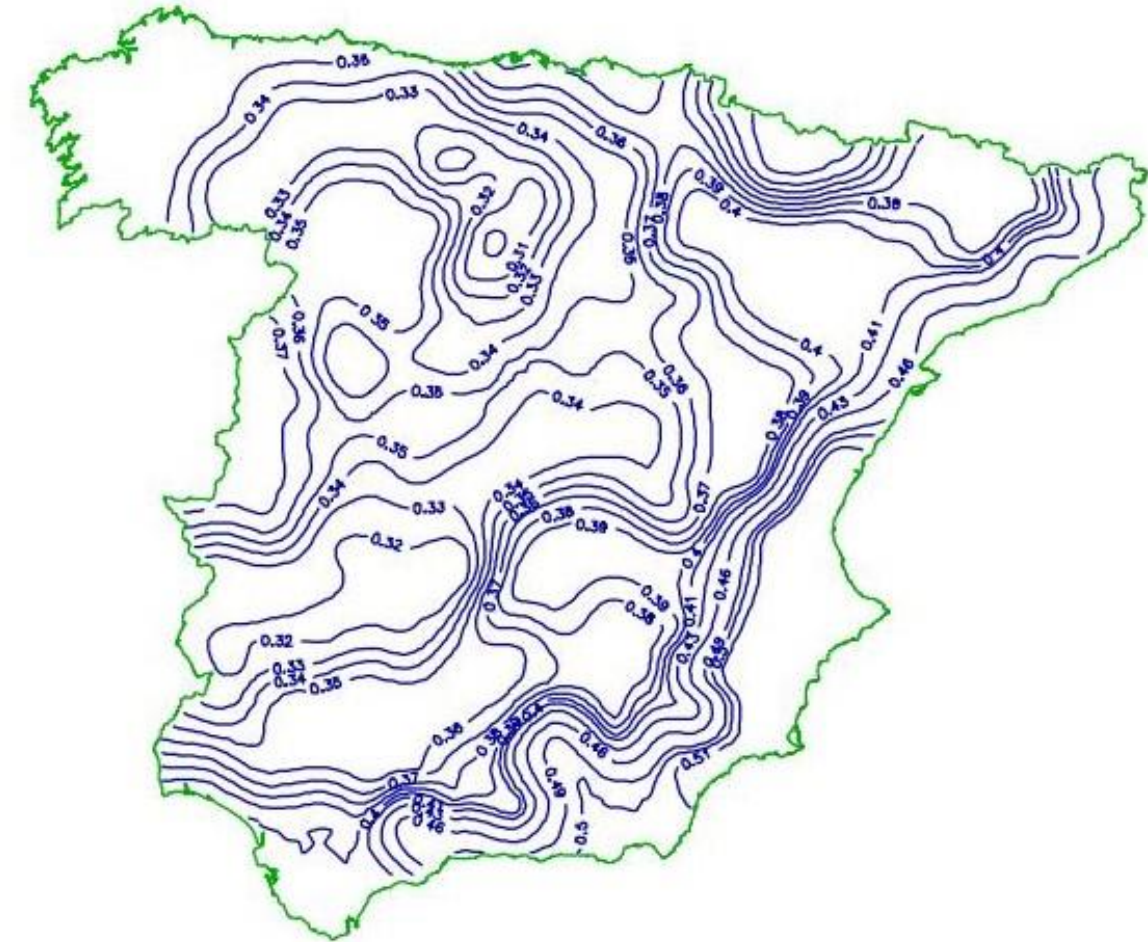


Gráfico 2- Isótopas valor CV. Máximas lluvias diarias en la España Peninsular, 1999 (Ministerio de Fomento).

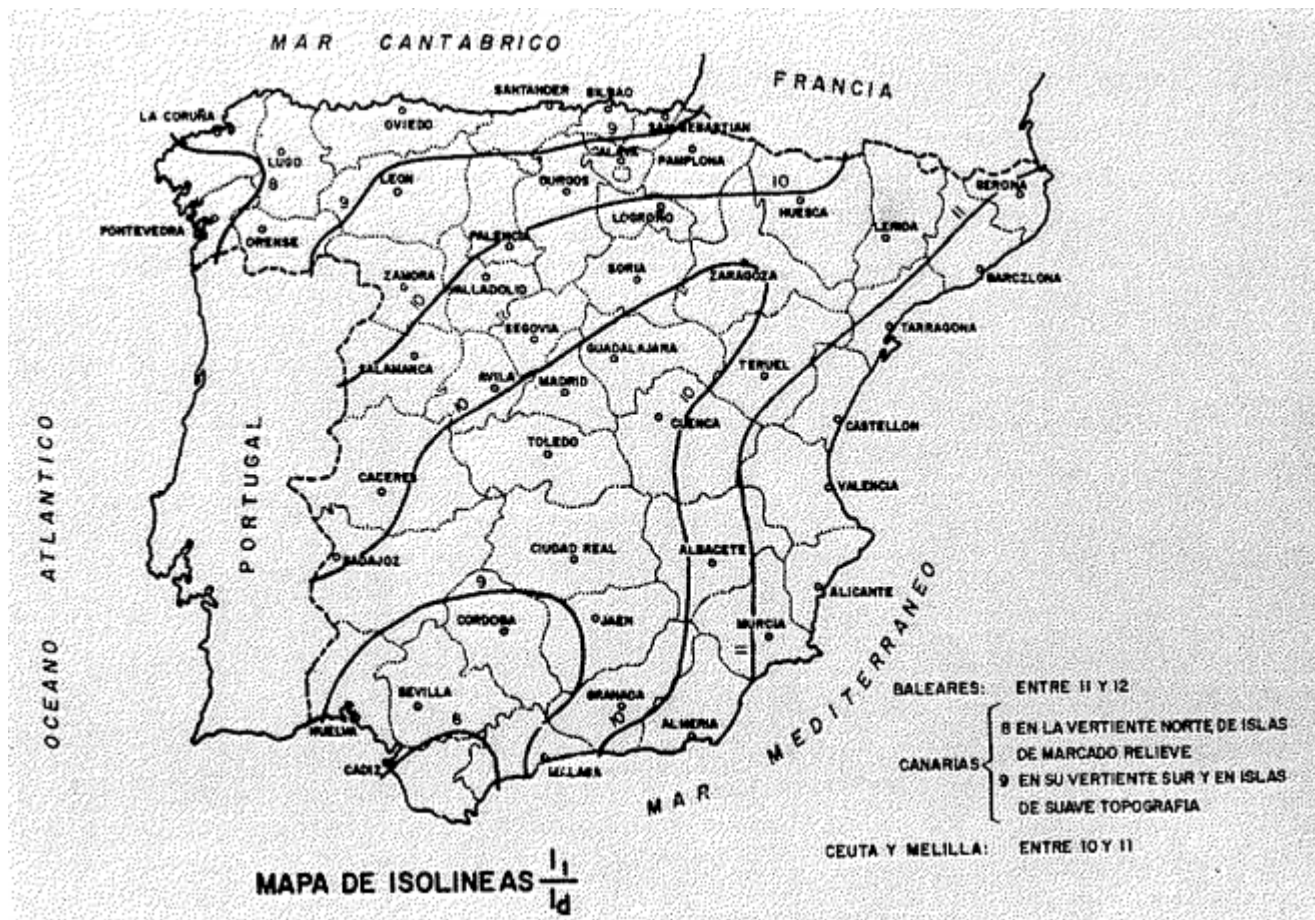


Gráfico 3- Mapa isolíneas I_d/I_t . Instrucción 5.2-1C.



Gráfico 4- Mapa del coeficiente corrector del umbral de escorrentía. Instrucción 5.2-1C.



C _v	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	0.924	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831
0.36	0.919	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892
0.37	0.917	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953
0.38	0.914	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014
0.39	0.912	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067
0.40	0.909	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128
0.41	0.906	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189
0.42	0.904	1.259	1.514	1.884	2.174	2.480	2.800	3.250
0.43	0.901	1.263	1.534	1.900	2.205	2.510	2.846	3.311
0.44	0.898	1.270	1.541	1.915	2.220	2.556	2.892	3.372
0.45	0.896	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433
0.46	0.894	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494
0.47	0.892	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555
0.48	0.890	1.289	1.595	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616
0.49	0.887	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.128	3.677
0.50	0.885	1.297	1.610	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738
0.51	0.883	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.220	3.799
0.52	0.881	1.308	1.640	2.098	2.464	2.861	3.281	3.860

Tabla 7.1 - Cuantiles Y_i de la Ley SQRT-ET max, también denominados Factores de Amplificación K_T, en el "Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular" (1997).

Tabla 1- Valor K_t en función de C_v y período de retorno. Máximas lluvias diarias en la España Peninsular, 1999 (Ministerio de Fomento).

Uso de la tierra	Pendiente (%)	Características hidrológicas	Grupo de suelo			
			A	B	C	D
Rotación de cultivos pobres	≥ 3	R	26	15	9	6
		N	28	17	11	8
	< 3	R/N	30	19	13	10
Rotación de cultivos densos	≥ 3	R	37	20	12	9
		N	42	23	14	11
	< 3	R/N	47	25	16	13
Praderas	≥ 3	Pobre	24	14	8	6
		Media	53	23	14	9
		Buena	*	33	18	13
		Muy buena	*	41	22	15
	< 3	Pobre	58	25	12	7
		Media	*	35	17	10
		Buena	*	*	22	14
		Muy buena	*	*	25	16
Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal	≥ 3	Pobre	62	26	15	10
		Media	*	34	19	14
		Buena	*	42	22	15
	< 3	Pobre	*	34	19	14
		Media	*	42	22	15
		Buena	*	50	25	16
Masas forestales (bosques, Monte bajo, etc.)		Muy clara	40	17	8	5
		Clara	60	24	14	10
		Media	*	34	22	16
		Espesa	*	47	31	23
		Muy espesa	*	65	43	33
Notas: 1. N: denota cultivo según las curvas de nivel. R: denota cultivo según la línea de máxima pendiente. 2. *: denota que esa parte de cuenca debe considerarse inexistente a efectos de cálculo de caudales de avenida. 3. Las zonas abarcadas se incluirán entre las de pendiente menor del 3 por 100.						
Tipo de terreno	Pendiente (%)		Umbral de escorrentía (mm)			
	≥ 3	< 3				
Rocas permeables	≥ 3		3			
	< 3		5			
Rocas impermeables	≥ 3		2			
	< 3		4			
Firmes granulares sin pavimento			2			
Adoquinados			1,5			
Pavimentos bituminosos o de hormigón			1			

Tabla2- Estimación umbral de escorrentía Po. Instrucción 5.2-1C.



TABLA 2-1
ESTIMACION INICIAL DEL UMBRAL DE ESCORRENTIA Po (mm)

Uso de la tierra	Pendiente (%)	Características hidrológicas	Grupo de suelo			
			A	B	C	D
Barbecho	≥ 3	R	15	8	6	4
		N	17	11	8	6
	< 3	R/N	20	14	11	8
Cultivos en hilera	≥ 3	R	23	13	8	6
		N	25	16	11	8
	< 3	R/N	28	19	14	11
Cereales de invierno	≥ 3	R	29	17	10	8
		N	32	19	12	10
	< 3	R/N	34	21	14	12

Nota: N: denota cultivo según las curvas de nivel.
R: denota cultivo según la línea de máxima pendiente.

Continuación Tabla2- Estimación umbral de escorrentía Po. Instrucción 5.2-1C.

CLASIFICACION DE SUELOS A EFECTOS DEL UMBRAL DE ESCORRENTIA

Grupo	Infiltración (cuando están muy húmedos)	Potencia	Textura	Drenaje
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa Franca Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa	Imperfecto
D	Muy lenta	Pequeño (litosuelo) u horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

Nota: Los terrenos con nivel freático alto se incluirán en el Grupo D.

Tabla3- Clasificación a efectos del umbral de escorrentía. Instrucción 5.2-1C.



ANEJO N° 3

ESTUDIO

HIDRÁULICO



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. AVENIDAS DE DISEÑO

3. MODELIZACIÓN DE LA CUENCA CON EL PROGRAMA HEC-RAS

3.1. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

3.2. BASE TEÓRICA

3.3. LIMITACIONES DEL PROGRAMA

3.4. MODELIZACIÓN

3.5. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

4. ANEXOS

4.1. SITUACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO

4.2. SECCIONES TRANSVERSALES

4.3. AVENIDAS

4.4. RESULTADOS HECHAS

1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este anejo es el cálculo de los caudales de avenida y de la altura de lámina de agua del río Miño en función de los distintos períodos de retorno. Además al tratarse el proyecto de la elaboración de una playa fluvial se analizará el comportamiento del río con el caudal medio de la época estival.

Con este estudio se pretende conocer las zonas inundables y el comportamiento del río para elegir el mejor emplazamiento para la playa y reducir los efectos causados por las avenidas en las instalaciones y obras que conlleva el proyecto.

La herramienta empleada para realizar el estudio hidráulico es la aplicación HEC-RAS versión 4.1.0 desarrollada por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos.

2. AVENIDAS DE DISEÑO

En el estudio hidrológico se calcularon mediante diferentes métodos los caudales de avenida correspondientes a distintos períodos de retorno.

Al ser una obra que debe ser ejecuta en el margen del río se empleara la avenida de 5 años para los elementos de la playa fluvial y se mantendrán fuera de la línea de la avenida de 50 años el resto de instalaciones y equipamientos.

Además se tendrá en cuenta el Dominio Público Hidráulico que diferencia dos zonas de servidumbre y policía como se observa en el gráfico obtenido del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

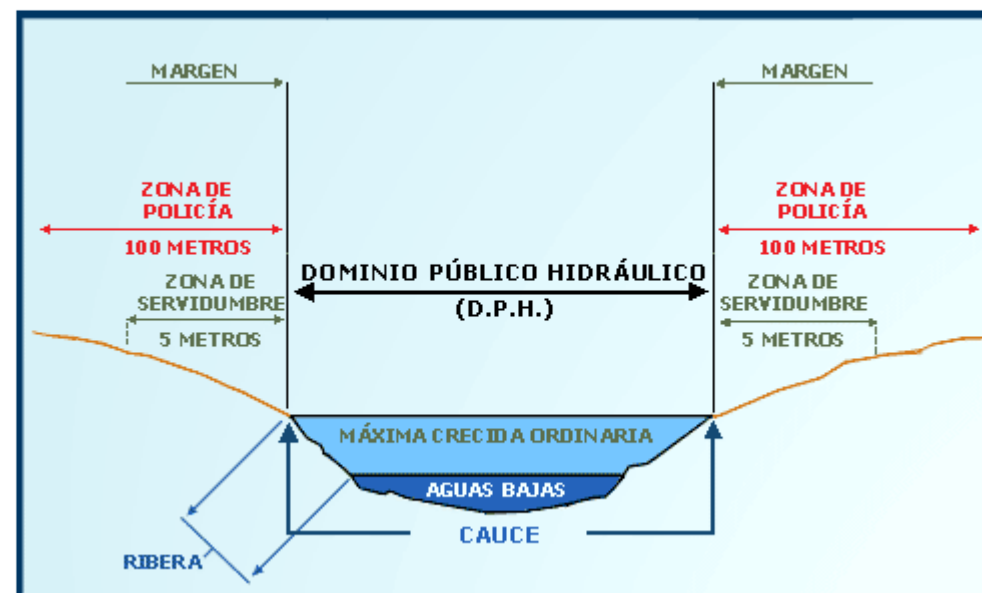


Fig 1. Gráfico del DPH

A continuación se muestran los datos de caudal empleados, extraídos del Anejo de Hidrología:

	Q(m³/s)
T ₅	533,8
T ₁₀	537,55
T ₅₀	806,10
T ₁₀₀	965,36
T ₂₀₀	1193,13
T ₅₀₀	1405,33

Tabla 1. Caudales en función del período de retorno

Al tratarse de una playa fluvial, cuyo uso se situará en la época estival se incluye en el modelo un resultado con el caudal medio de la época estival, mostrando también las velocidades que se dan en esta situación.

3. MODELIZACIÓN DE LA CUENCA CON EL PROGRAMA HEC-RAS

3.1. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

El programa HEC-RAS fue diseñado para calcular líneas de agua en ríos y canales en caso de movimiento gradualmente variado. El procedimiento de cálculo se basa en la resolución de la ecuación unidimensional de la energía usando el método del "Standard step".

Este programa se puede utilizar para planificar los usos de suelo y para elaborar estudios de seguridad frente a inundaciones, ya que permite evaluar el efecto de los obstáculos sobre la capacidad de desagüe. Así mismo, también se puede usar en proyectos de encauzamientos, acondicionamiento de márgenes, sustitución de puentes o azudes, etc..., puesto que permite determinar la influencia de cada actuación sobre los niveles de lámina.

El objetivo primordial de HEC-RAS es calcular la cota de agua en los puntos de interés en función del caudal circulante a lo largo del río o canal.

Los cálculos comienzan en una sección transversal con condiciones conocidas o estimadas y se procede hacia aguas arriba si el régimen es lento o hacia aguas abajo si, por el contrario, el régimen es rápido. Los calados para cálculos en régimen lento están constreñidos al calado crítico o menores.

3.2. BASE TEÓRICA

La metodología usada en el modelo HEC-RAS para el cálculo de líneas de agua se detalla a continuación:

Las siguientes dos ecuaciones se resuelven por un procedimiento iterativo "Standard Step" a fin de obtener la cota de agua en una sección transversal:

$$WS_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = WS_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad \text{ecuación (1)}$$



$$h_e = LS_f + C \left(\frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right) \quad \text{ecuación (2)}$$

Donde:

WS_2, WS_1 :	Cota de agua de las secciones 1 y 2
V_1, V_2 :	Velocidades medias (relación entre el caudal total y la sección) en las secciones 1 y 2
α_1, α_2 :	Coefficientes de velocidades en las secciones 1 y 2
g :	Aceleración de la gravedad
h_e :	Pérdida de carga entre las secciones 1 y 2
L :	Distancia ponderada con el caudal entre las secciones 1 y 2
S_f :	Pérdida de carga unitaria (pendiente de fricción) entre las secciones 1 y 2
C :	Coefficiente de pérdida por contracción o por expansión

La distancia entre secciones L, se obtiene ponderando las distancias por la llanura de inundación izquierda, por el cauce y por la llanura de inundación derecha con sus respectivos caudales resultantes de promediar los caudales correspondientes de la sección 1 con los de la sección 2.

La pendiente de fricción se calcula del siguiente modo:

$$S = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2$$

donde K_1 y K_2 representan el transporte al principio y final del tramo entre secciones.

El transporte se define de la siguiente manera:

$$K = \frac{1}{n} AR^{2/3}$$

donde:

n :	Número de Manning
A :	Área de la sección considerada
R :	Radio hidráulico

El transporte total para una sección transversal se obtiene sumando el transporte de las llanuras de inundación izquierda y derecha del cauce.

El coeficiente de velocidad α para una sección se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\alpha = \frac{A_T^2}{K_T^3} \left(\frac{K_{LOB}^3}{A_{LOB}^2} + \frac{K_{CH}^3}{A_{CH}^2} + \frac{K_{ROB}^3}{A_{ROB}^2} \right)$$

donde el subíndice T se refiere a la sección transversal total, LOB a la llanura de inundación izquierda, CH al cauce y ROB a la llanura de inundación derecha.

El procedimiento de cálculo iterativo para resolver las ecuaciones (1) y (2) es el siguiente:

- Estimar la cota de agua en la sección de aguas arriba (WS2) ya que se parte de que WS1 es conocida.
- Basándose en WS2, determinar el transporte total y la carga de velocidad correspondientes.
- Con los valores del paso anterior, obtener la pendiente de fricción S_f y resolver la ecuación (2) para obtener la pérdida de carga en el tramo h_e .
- Con los valores de los dos pasos anteriores, obtener el valor de WS2 de la ecuación (1).
- Comparar el valor obtenido de WS2 con el estimado en el primer paso y repetir todo el proceso hasta que la diferencia sea menor que un valor dado.

El primer ciclo iterativo se basa en la pendiente de fricción de las dos secciones transversales previas. El segundo ciclo comienza asumiendo que el nivel del agua es la media entre el nivel resultante en el primer ciclo y el que se estimó inicialmente.

Una vez equilibrado el nivel de agua en una sección transversal, se efectúa una serie de comprobaciones con objeto de asegurarse de que el calado es mayor o igual al crítico, si el régimen es lento, o igual o menor si el régimen es rápido. Si esto no se cumple, se asume que el calado de la sección coincide con el crítico de dicha sección para el caudal considerado y se emite un mensaje indicando dicha circunstancia. La aparición del calado crítico en el programa es generalmente el resultado de un problema relacionado con las distancias entre perfiles o con su geometría aunque, en ocasiones, surge de que el flujo es realmente crítico.

3.3. LIMITACIONES DEL PROGRAMA

Las siguientes suposiciones están implícitas en las expresiones analíticas usadas en el programa:

- El régimen es permanente, ya que los términos de la ecuación de la energía que dependen del tiempo no se incluyen.
- El movimiento es gradualmente variado, porque la ecuación (1) está basada en la premisa de que exista distribución hidrostática de presiones en cada sección transversal.
- El flujo es unidimensional porque se basa en que la carga hidráulica total es de la misma para todos los puntos de una sección transversal.
- Las pendientes deben ser pequeñas (menores del 10%) porque la carga de presión, que es una componente de WS en la ecuación (1), está representada por la altura de agua medida verticalmente.

3.4. MODELIZACIÓN

Descripción del entorno



El estudio se realiza en las dos zonas planteadas para la ubicación de la playa fluvial, descritas en el anejo de alternativas como Zona I y Zona II.

Las longitudes de los tramos estudiados son de 2000 y 1000 metros respectivamente, ambas con una pendiente media del 0.00084%.

Las distintas secciones transversales se introdujeron a mano a partir de la información obtenida de la Dirección General de Obras Hidráulicas de la Confederación Hidrográfica del Norte de España, perteneciente a la serie *Trabajos Topográficos, perfiles transversales batimétricos* del año 1989. Partiendo de estas secciones transversales, el programa realiza secciones intermedias mediante interpolaciones cada 20 metros.

Coeficiente de Manning

Al no existir un método exacto para la selección del valor del coeficiente de rugosidad, se tienen en cuenta distintos factores para su elección:

- Rugosidad superficial del cauce.
- Vegetación presente a lo largo del cauce
- Irregularidades del canal
- Obstrucción al flujo

Por lo tanto el valor de este coeficiente de rugosidad puede cambiar a lo largo del río si existe variedad en la tipología de los márgenes.

Se ha tomado como referencia las tablas pertenecientes a la publicación "*Hidráulica de canales biertos*" Chow, 1991 ya que es mencionado en el manual de HEC RAS como referente para tomar los valores del coeficiente n de Manning.

Los valores adoptados son los siguientes:

Cauce del río:

Corriente natural, con algunas piedras y vegetación: Coeficiente 0.03

Llanuras de inundación:

En la Zona I podemos distinguir dos zonas:

La mayor parte de la longitud del tramo está conformada por hierba, matorrales y árboles dispersos a la que le corresponde el valor 0.04. En un tramo corto existe un muro de hormigón, con acabado en grava al que le asignaremos el valor 0.02

En la Zona II asumimos que todo el tramo pertenece a la primera tipología mencionada con el valor 0.004

Condiciones de contorno

Las condiciones de contorno introducidas por el usuario representan un punto de partida que permite al programa resolver las ecuaciones ya mencionadas en los apartados anteriores.

En el estudio, en ambos tramos analizados se ha llevado a cabo el estudio en régimen mixto, lo que obliga a introducir condiciones de contorno tanto aguas arriba como aguas abajo.

Las condiciones de contorno establecidas en los dos tramos son las de calado normal con una pendiente del cauce del 0.0084% aguas arriba y aguas abajo.

Elementos singulares

Zona I

Se modela el muro existente como un muro perpendicular al cauce del río y una compuerta situada en la parte derecha de dimensiones 5x1 metros, adoptadas después de la observación visual del lugar.

Zona II

El caneiro existente en esta zona permite el paso del agua sin tener que llegar a rebasar la altura del mismo, por lo que para la modelización del mismo se calculó el tramo en primer lugar sin el muro y después se añadió el muro con la altura de la cota de agua obtenida en dicha sección.

3.5. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Como se puede observar en los resultados gráficos adjuntados al final de este anejo, las llanuras de inundación en ambas zonas son bastante amplias, por lo que se tomará como referencia la línea del caudal de avenida de 50 años para situar las instalaciones y equipamientos.

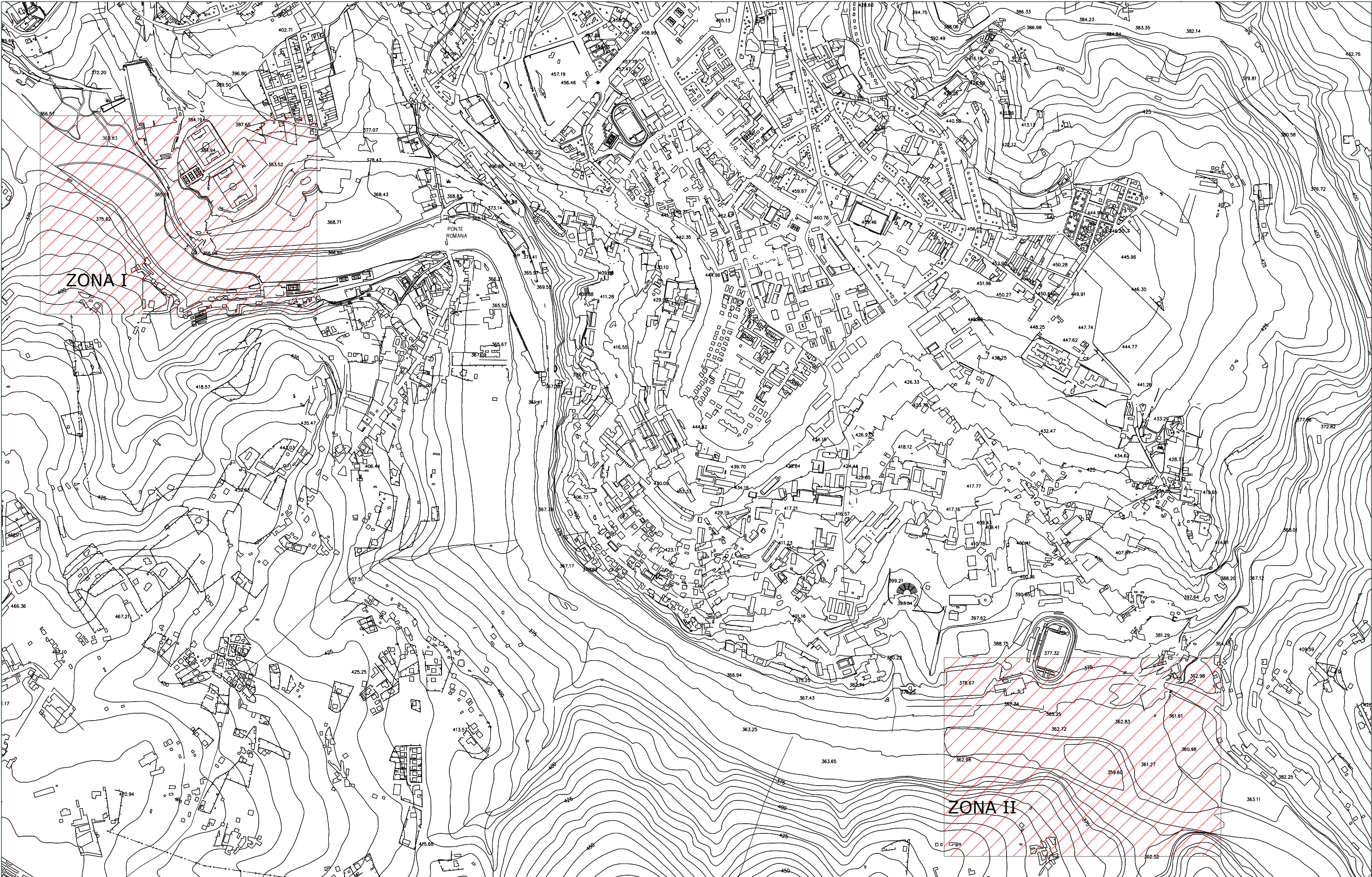
En cuanto a las velocidades del agua en las secciones donde se plantea ubicar la playa fluvial son lo suficientemente bajas como para permitir el baño seguro de los usuarios.


4. ANEXOS

- 4.1. SITUACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO
- 4.2. SECCIONES TRANSVERSALES
- 4.3. AVENIDAS
- 4.4. RESULTADOS HECCRAS



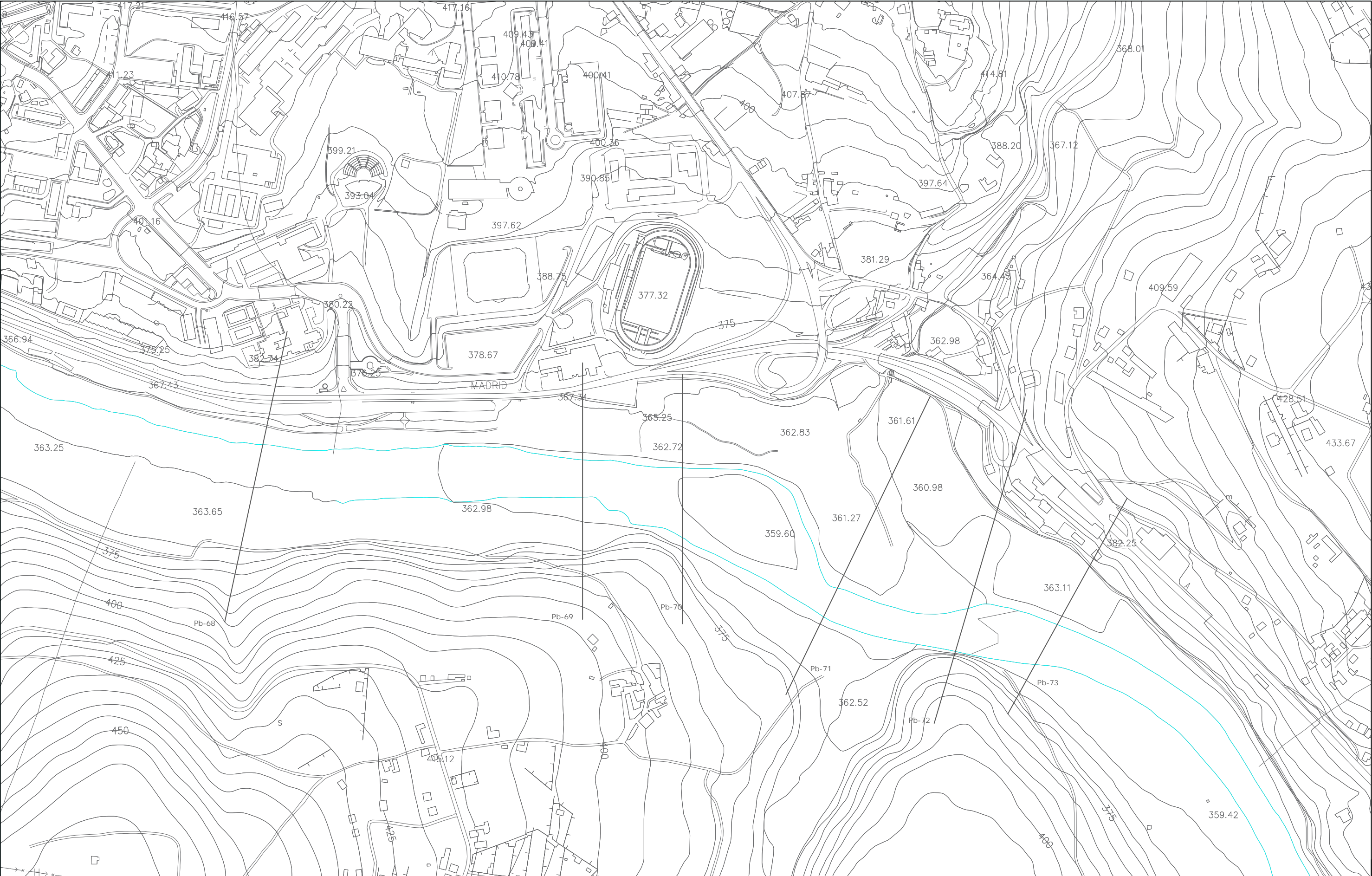
SITUACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO



	ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS CANALES Y PUERTOS DE A CORUÑA	AUTOR DEL PROYECTO: Belén Quiroga Villamel	TÍTULO DEL PROYECTO: Playa fluvial en el río Miño a su paso por Lugo	DESIGNACIÓN DEL PLANO: Zonas de estudio	ESCALA: 1:10.000	1 de 1
						FECHA: Octubre 2015



SECCIONES TRANSVERSALES



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS DE CAMINOS
CANALES Y PUERTOS DE A
CORUÑA

AUTOR DEL PROYECTO:

Belén Quiroga Villamel

TÍTULO DEL PROYECTO:

Playa fluvial en el río Miño a su
paso por Lugo

DESIGNACIÓN DEL PLANO:

Secciones transversales

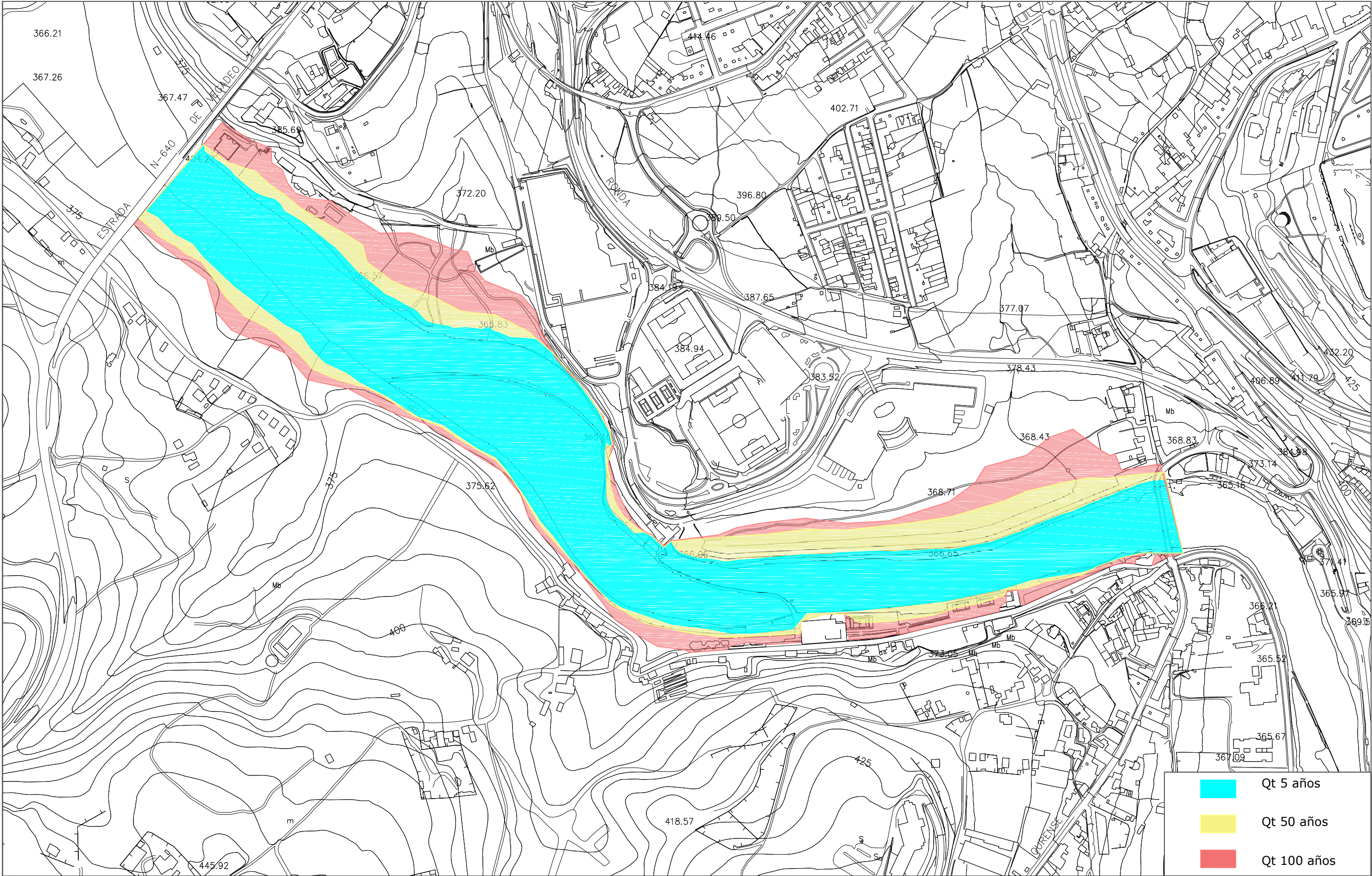
ESCALA:

1:5000

FECHA:
Octubre 2015



AVENIDAS PERIODO DE RETORNO



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS DE CAMINOS
CANALES Y PUERTOS DE A
CORUÑA

AUTOR DEL PROYECTO:

Belén Quiroga Villamel

TÍTULO DEL PROYECTO:

Playa fluvial en el río Miño a su
paso por Lugo

DESIGNACIÓN DEL PLANO:

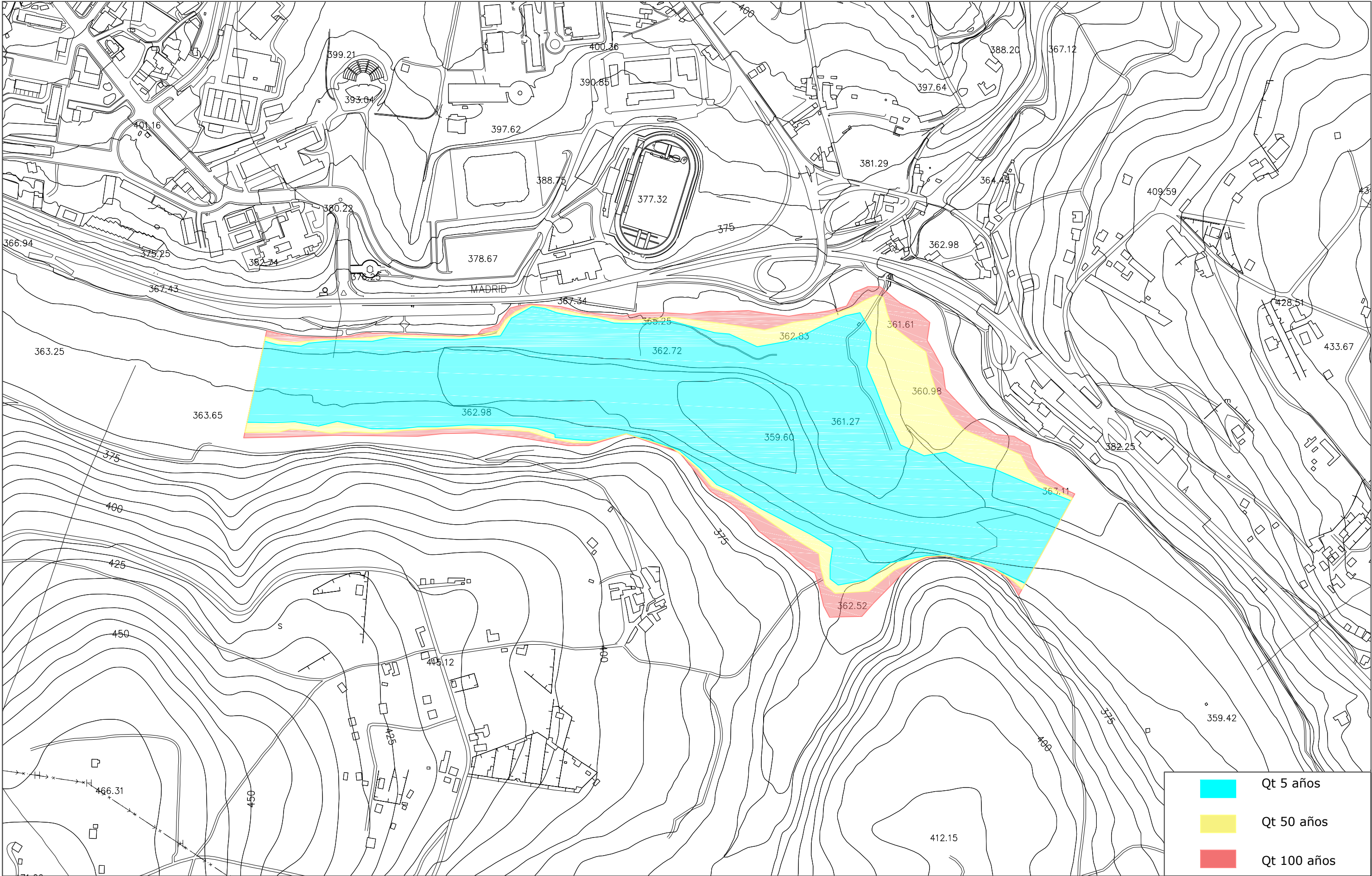
Avenidas de 5, 50 y 100 años

ESCALA:

1:5000

PLANO 1 de 1

FECHA:
Octubre 2015



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS DE CAMINOS
CANALES Y PUERTOS DE A
CORUÑA

AUTOR DEL PROYECTO:

Belén Quiroga Villamel

TÍTULO DEL PROYECTO:

Playa fluvial en el río Miño a su
paso por Lugo

DESIGNACIÓN DEL PLANO:

Avenidas de 5, 50 y 100 años

ESCALA:

1:5000

PLANO 1 de 1

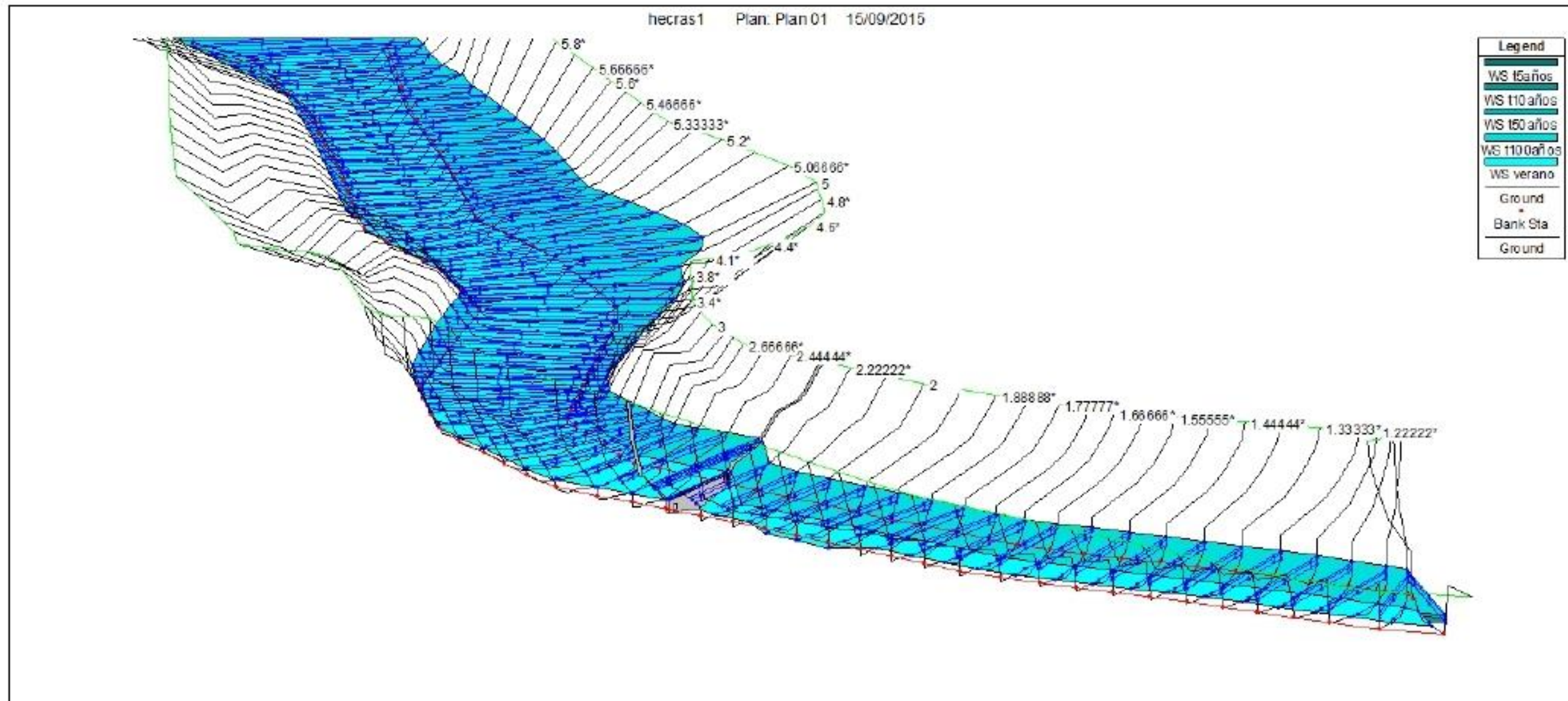
FECHA:
Octubre 2015



RESULTADOS HECRAS

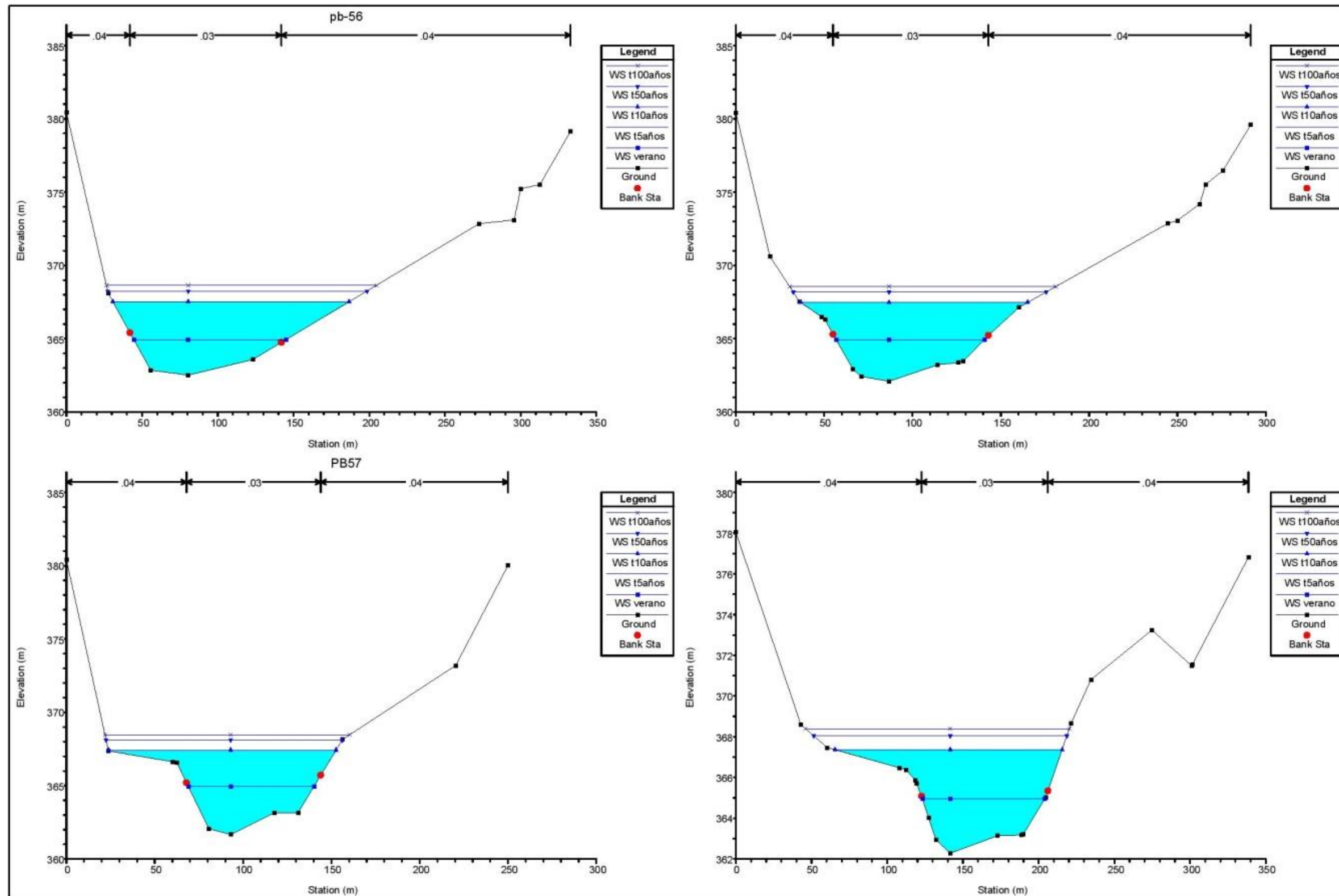


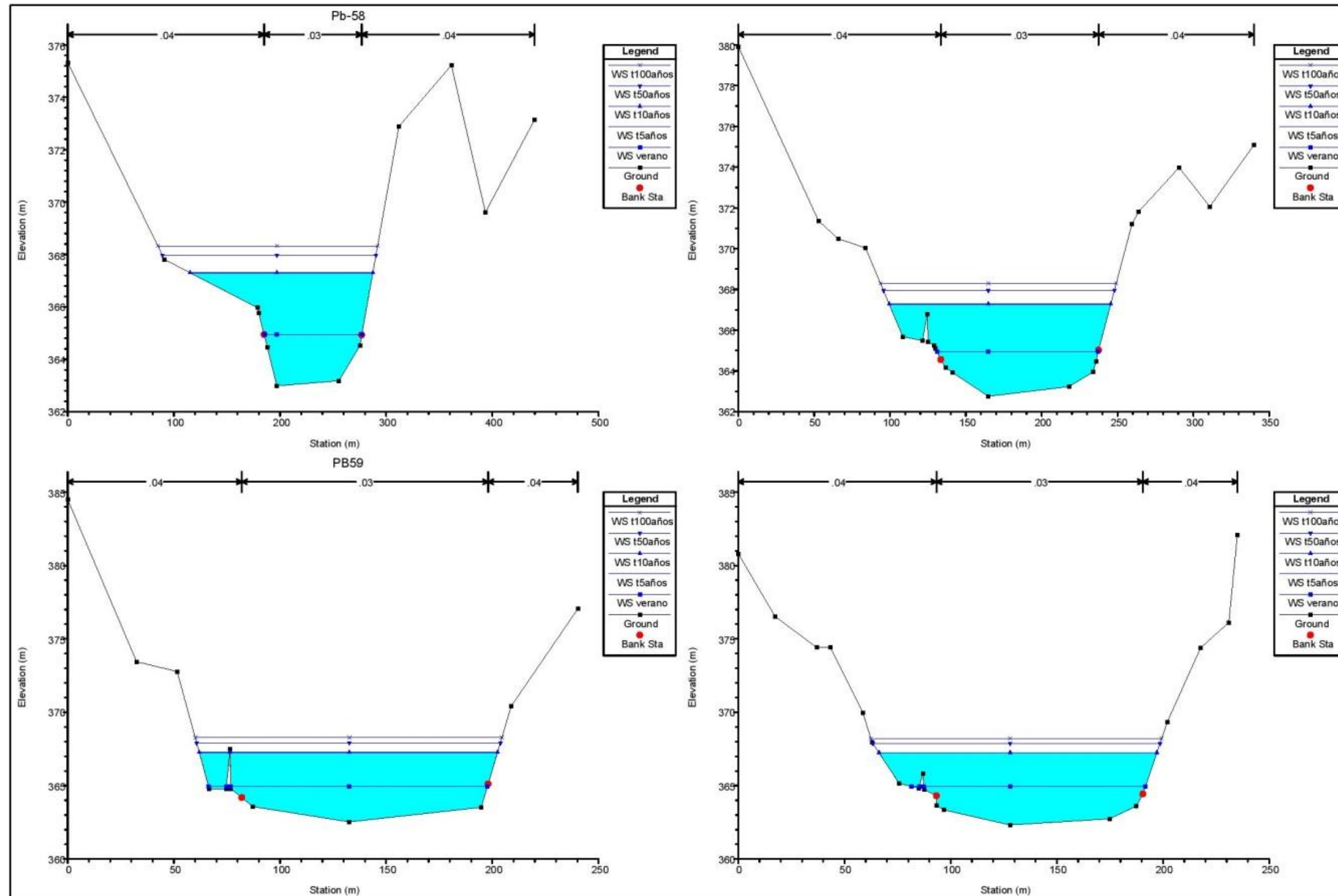
ZONA I: GRÁFICO 3D

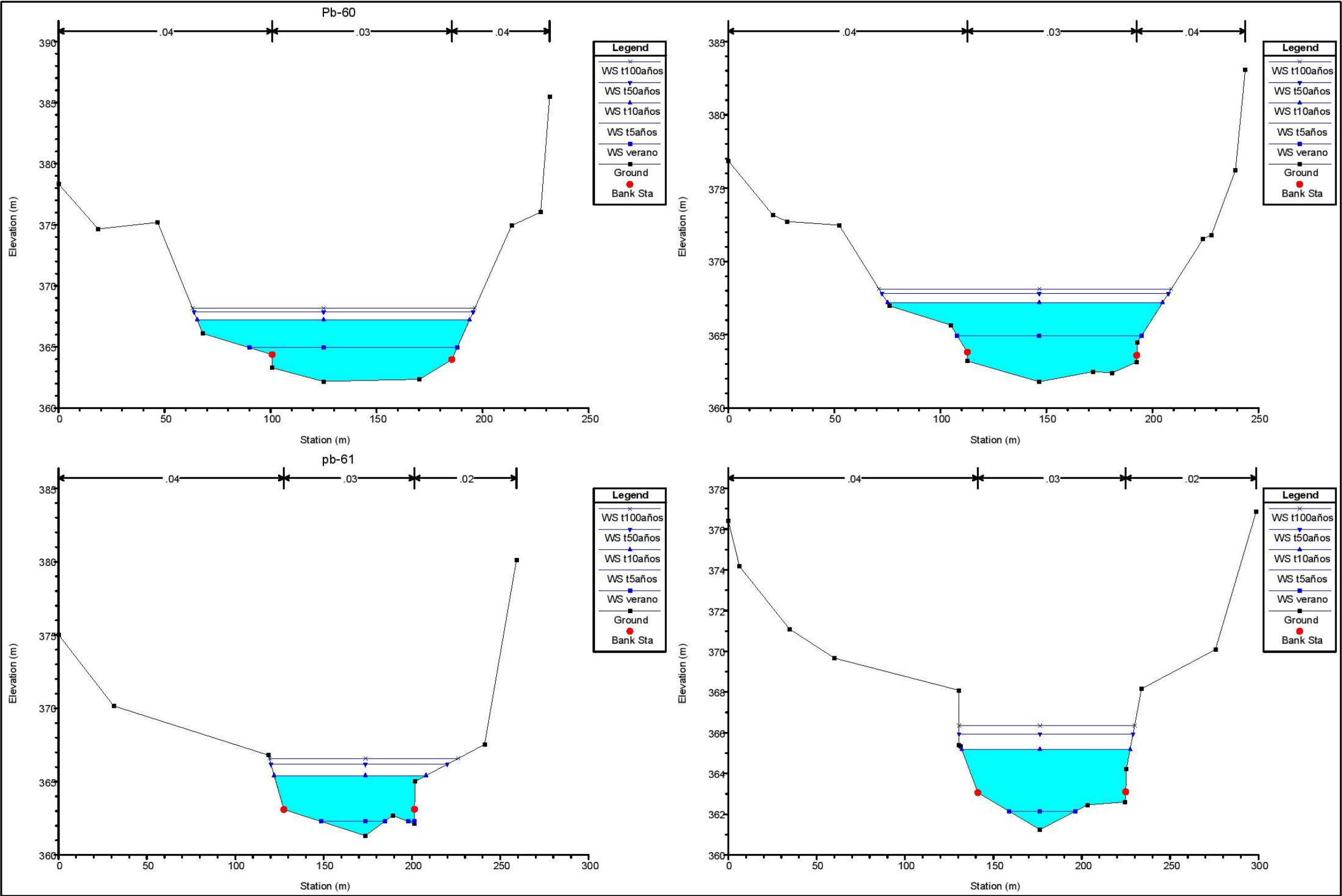


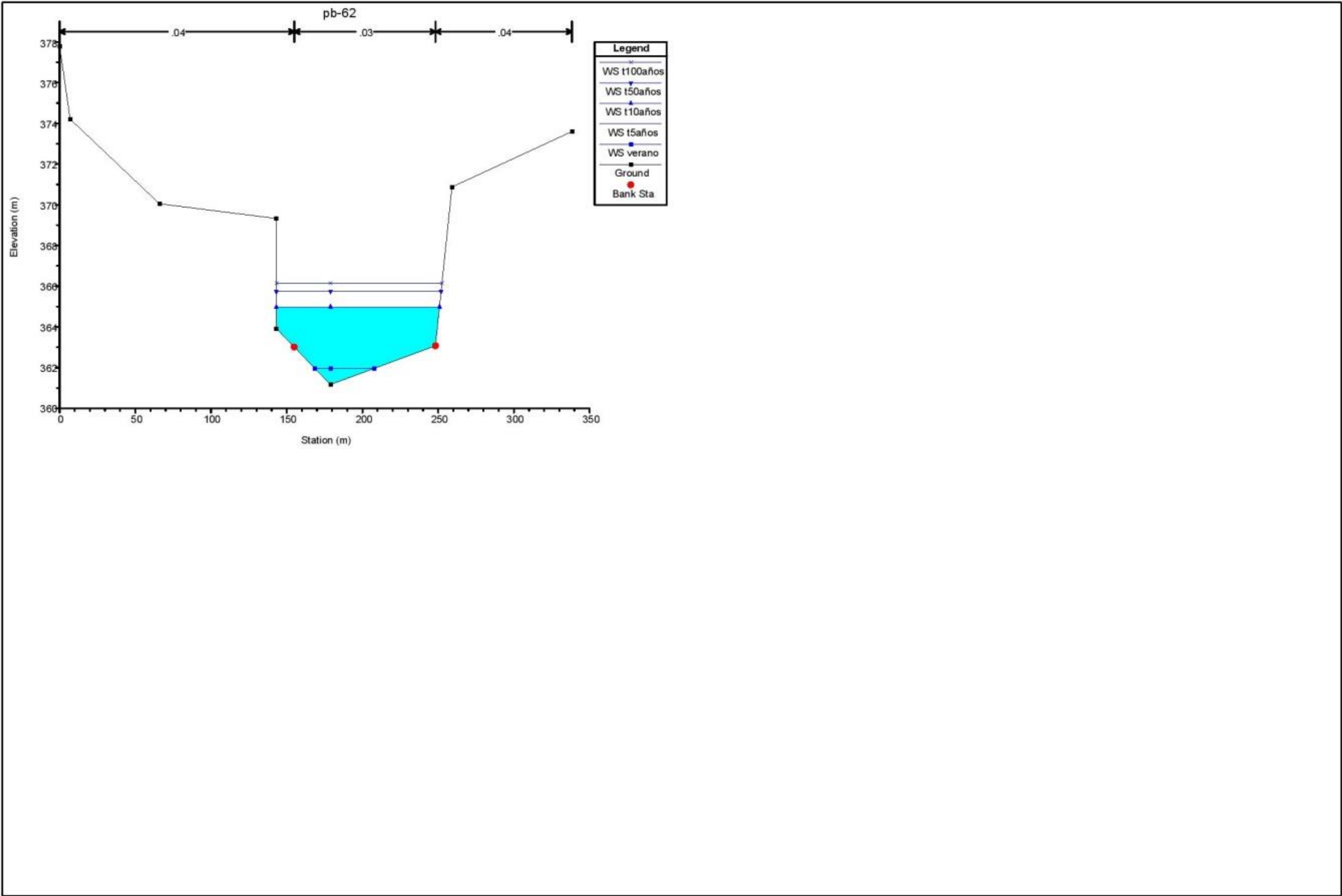


ZONA I: SECCIONES TRANSVERSALES



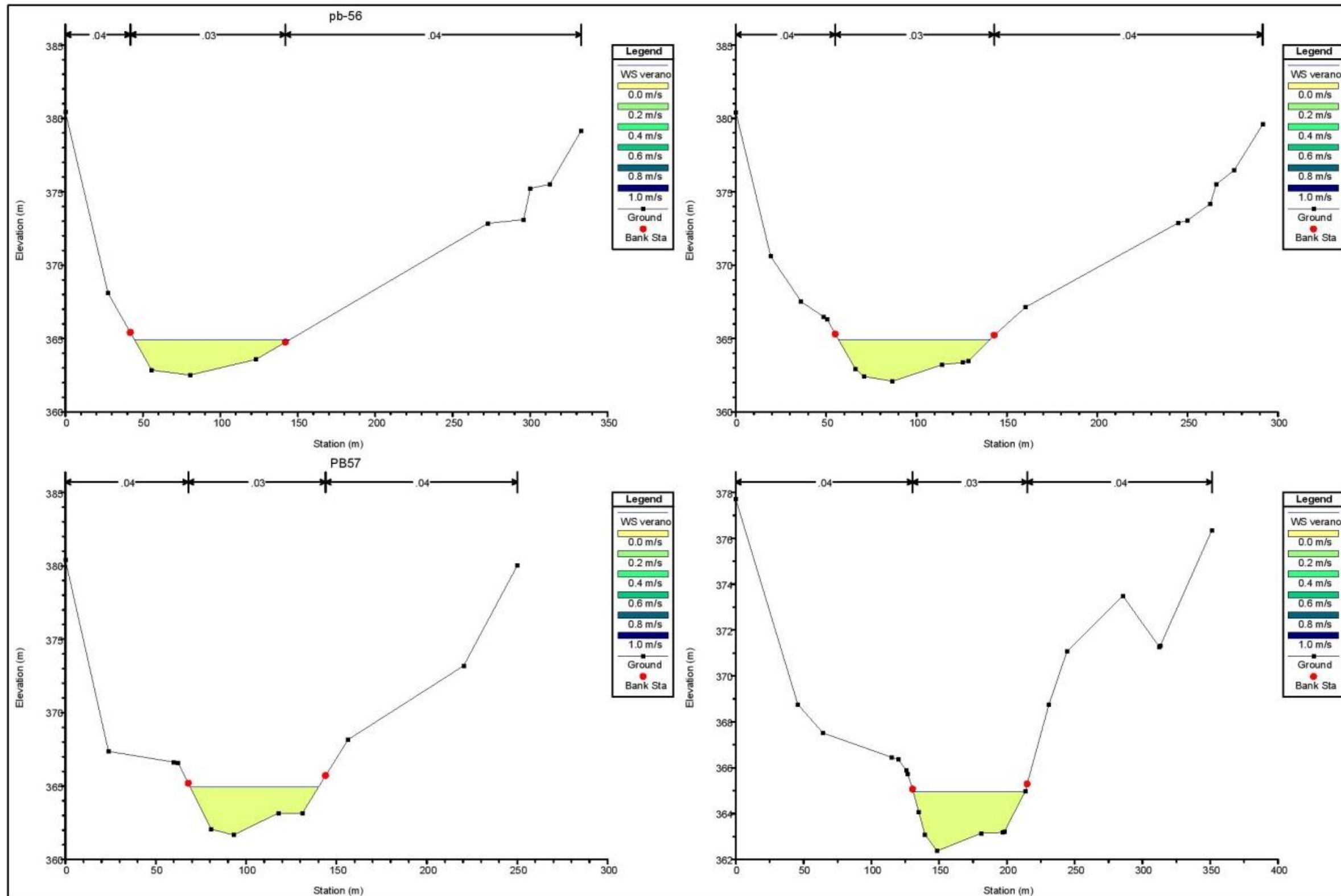


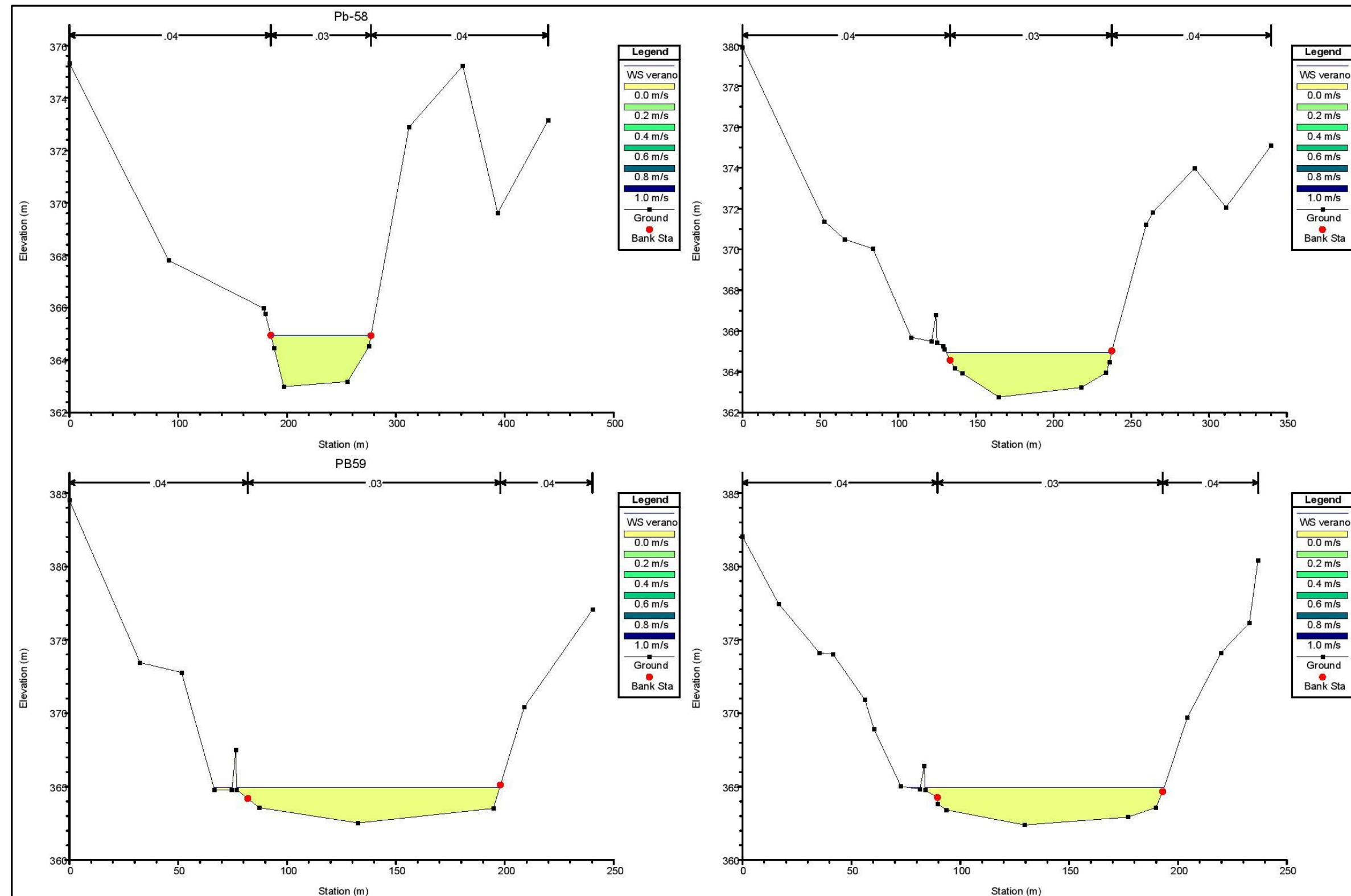


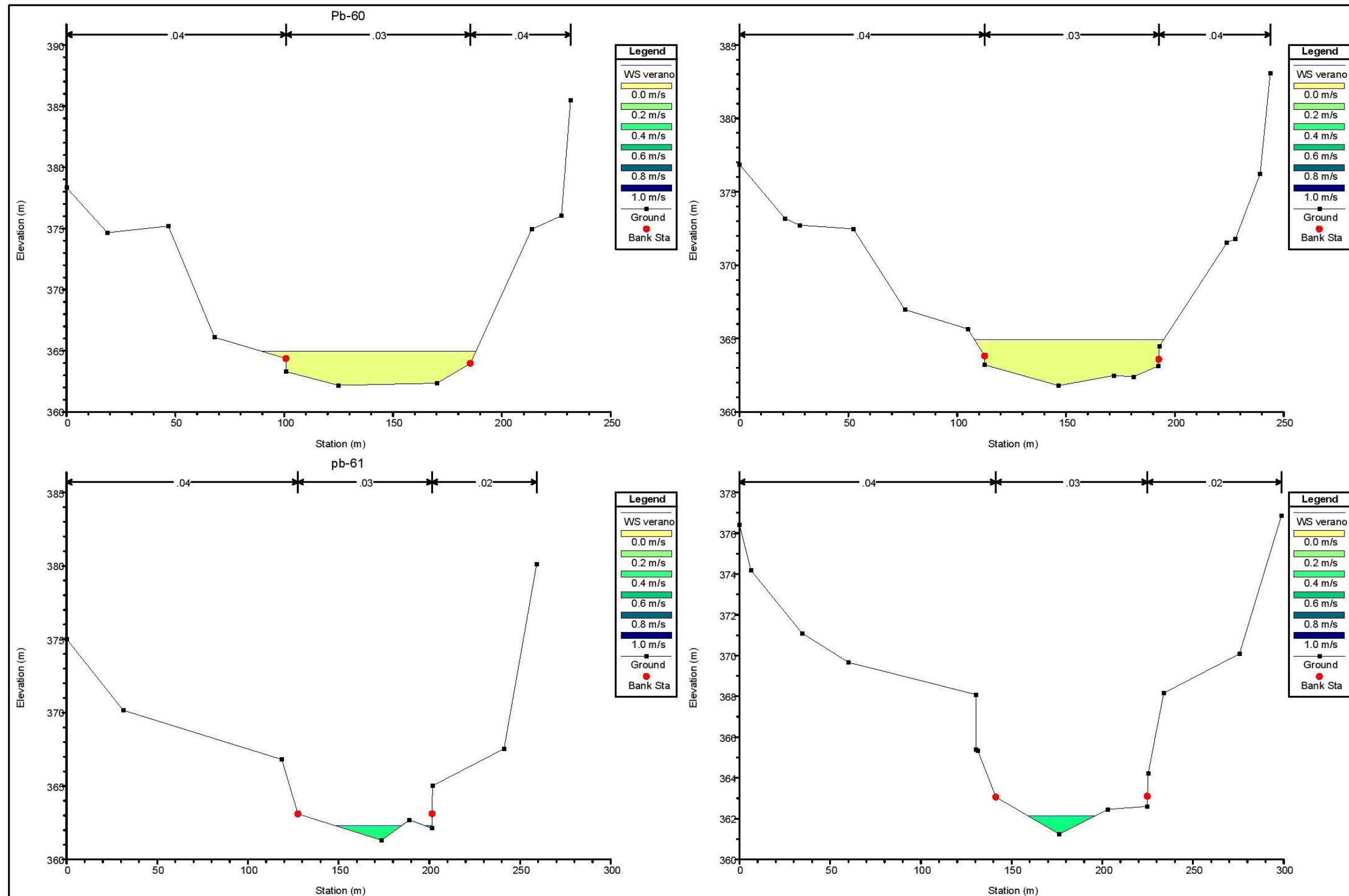


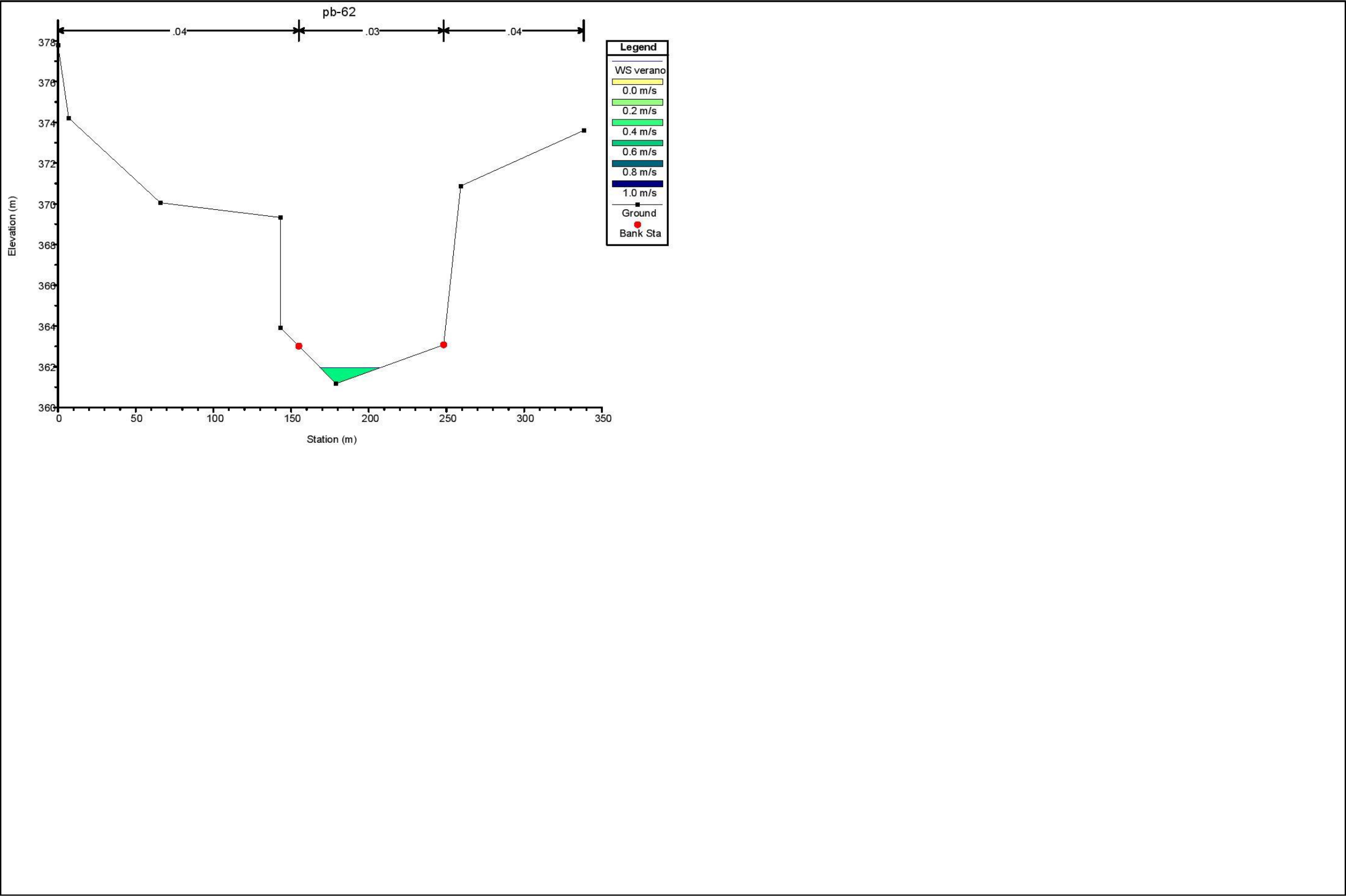


ZONA I: VELOCIDADES



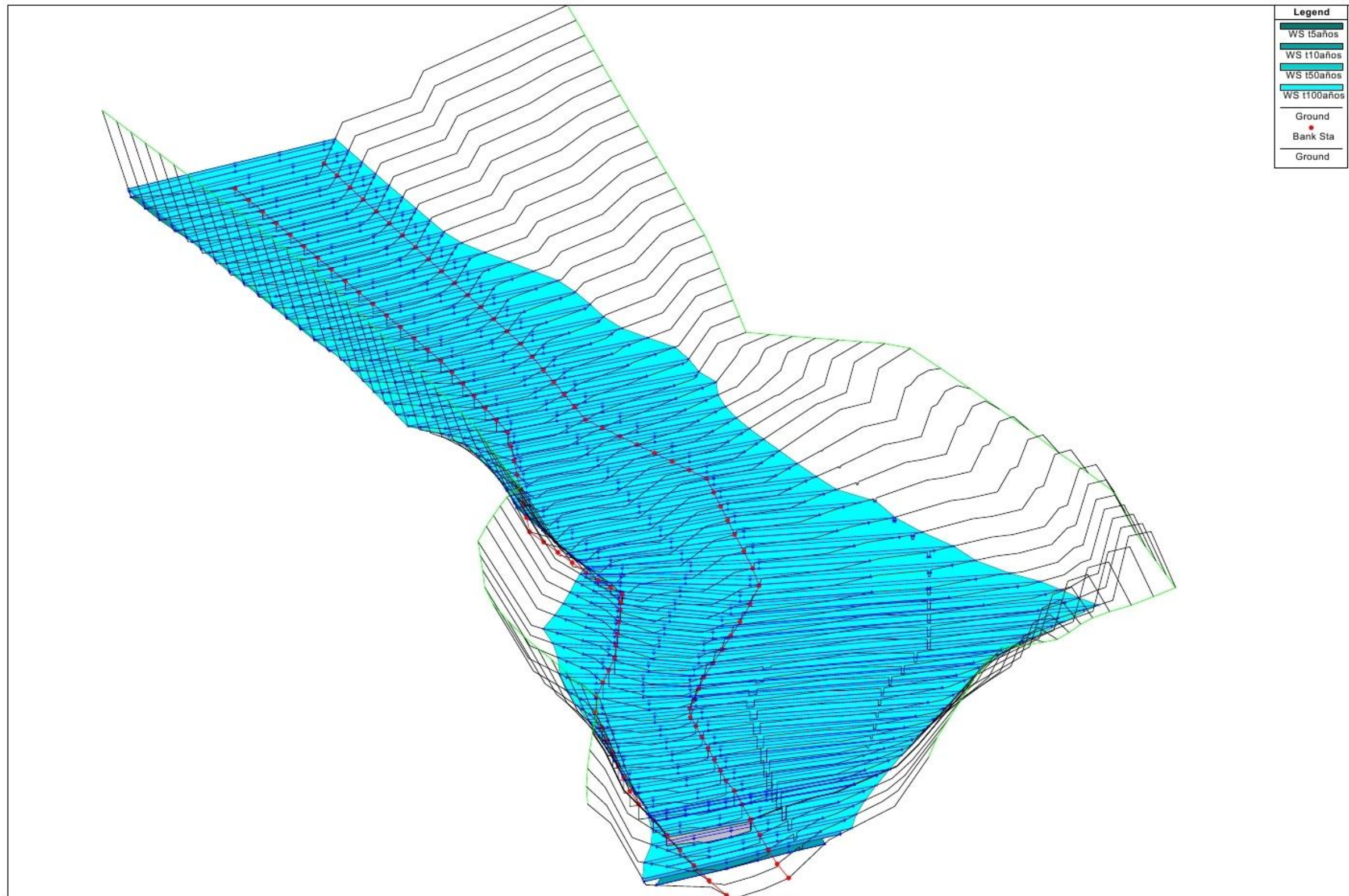






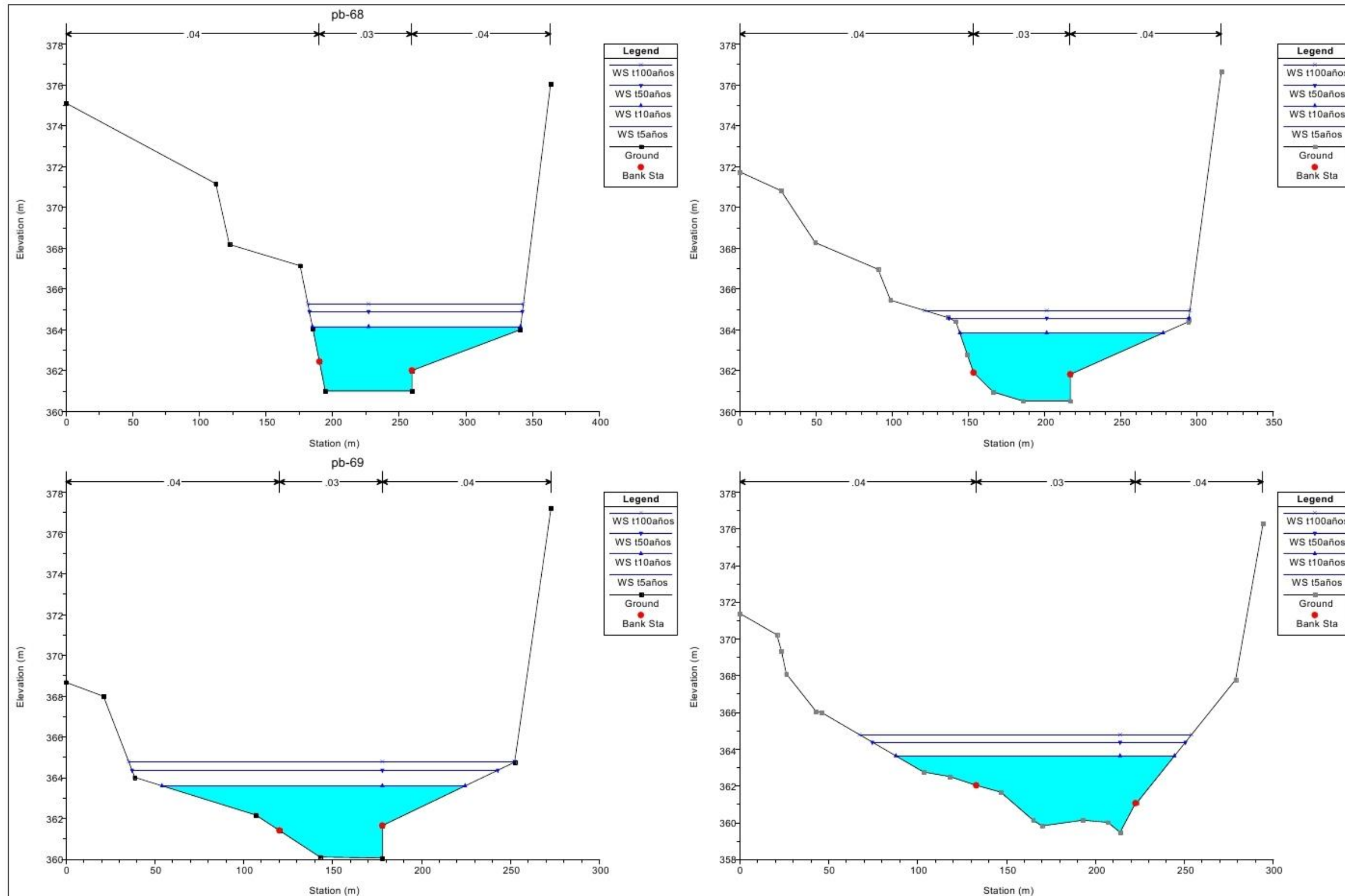


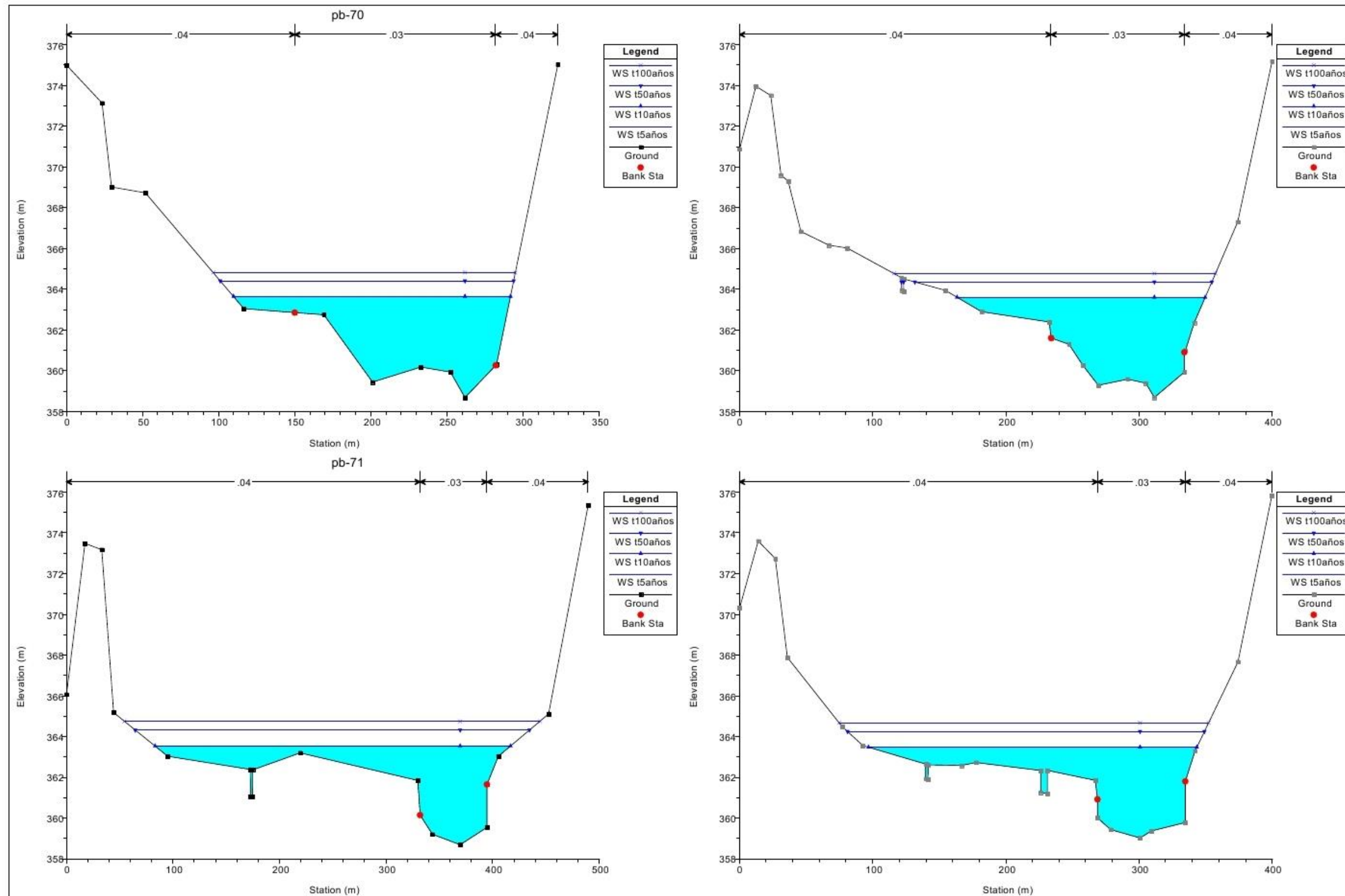
ZONA II: GRÁFICO 3D

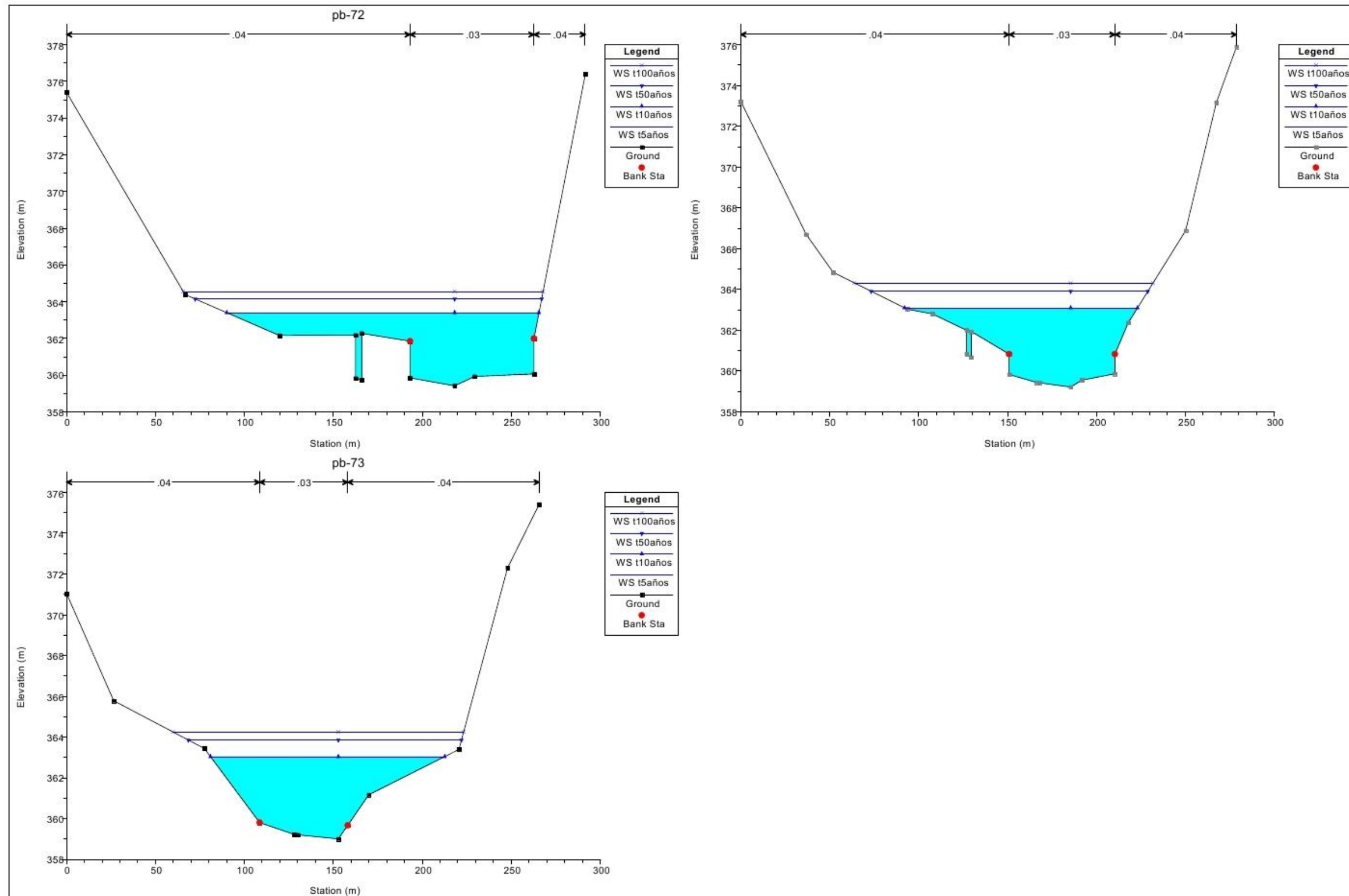


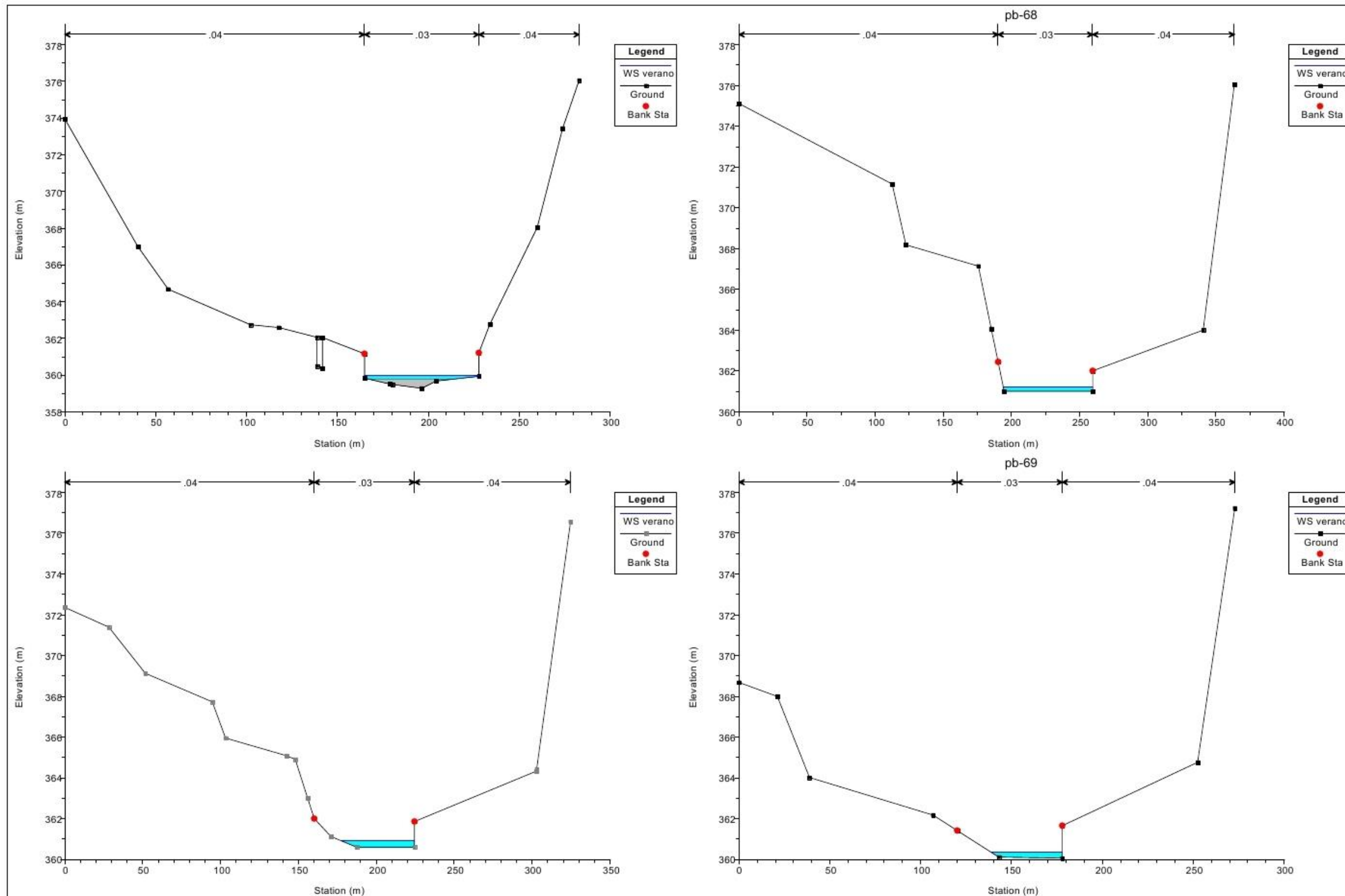


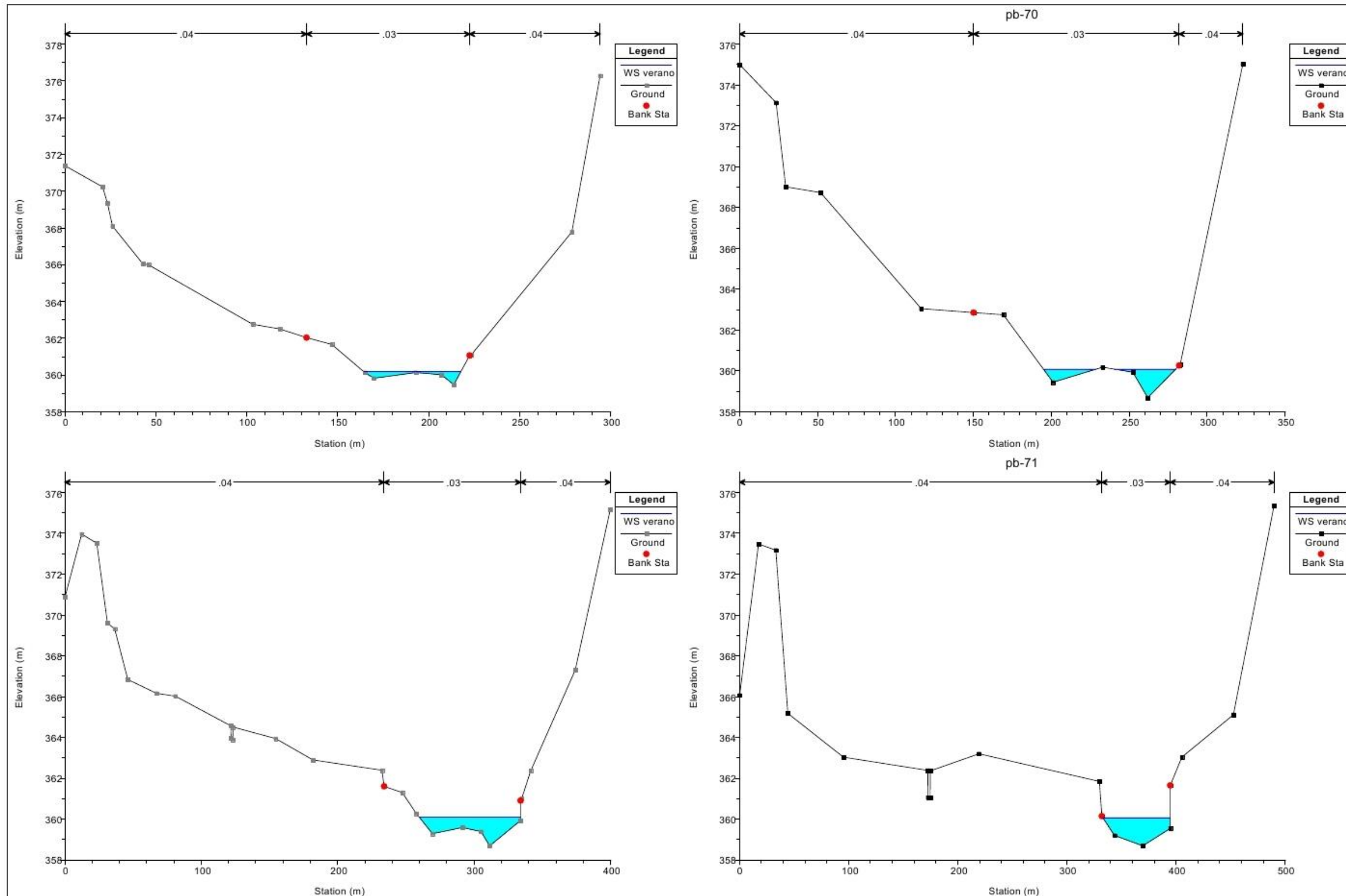
ZONA II: SECCIONES TRANSVERSALES

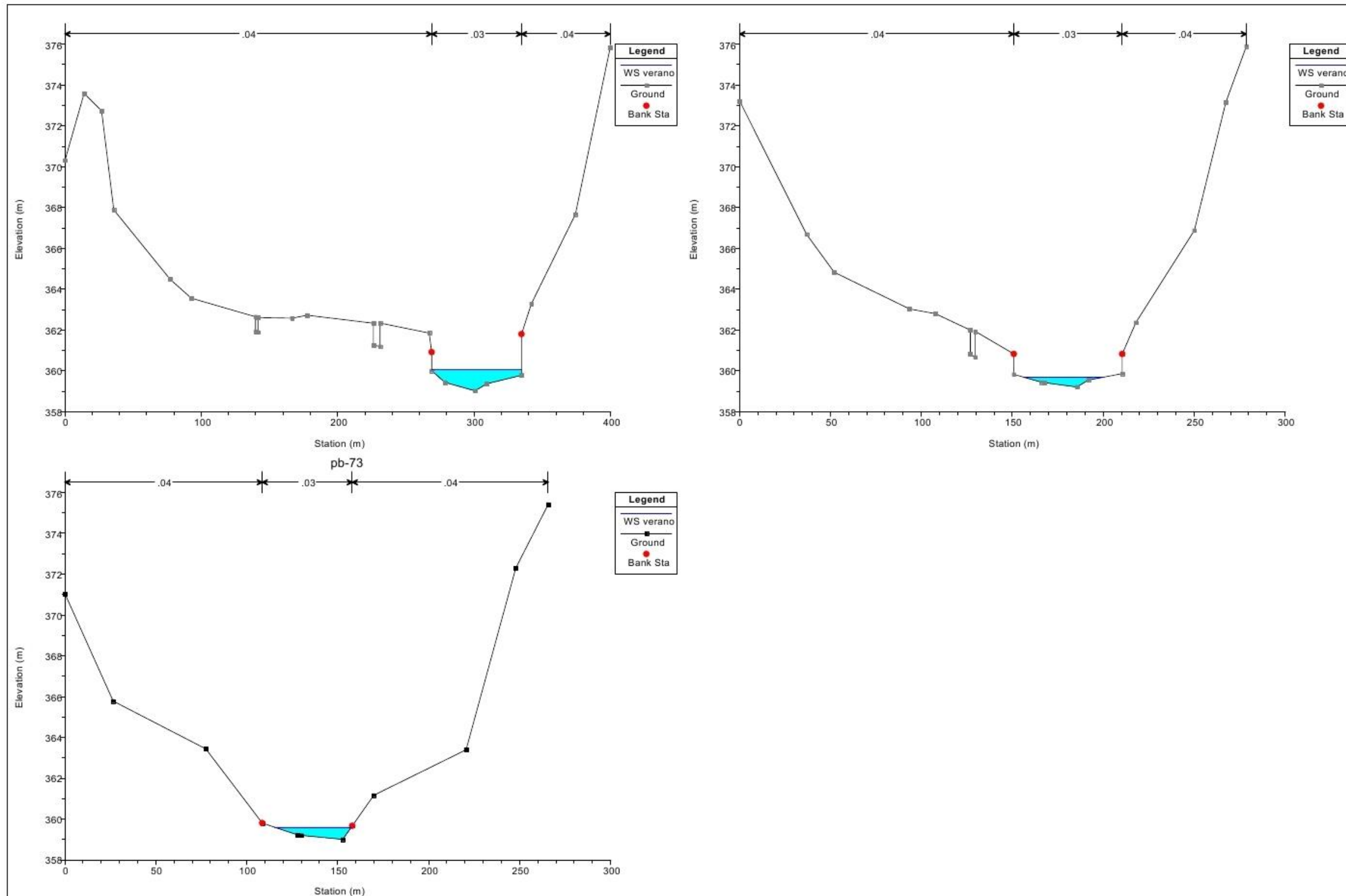






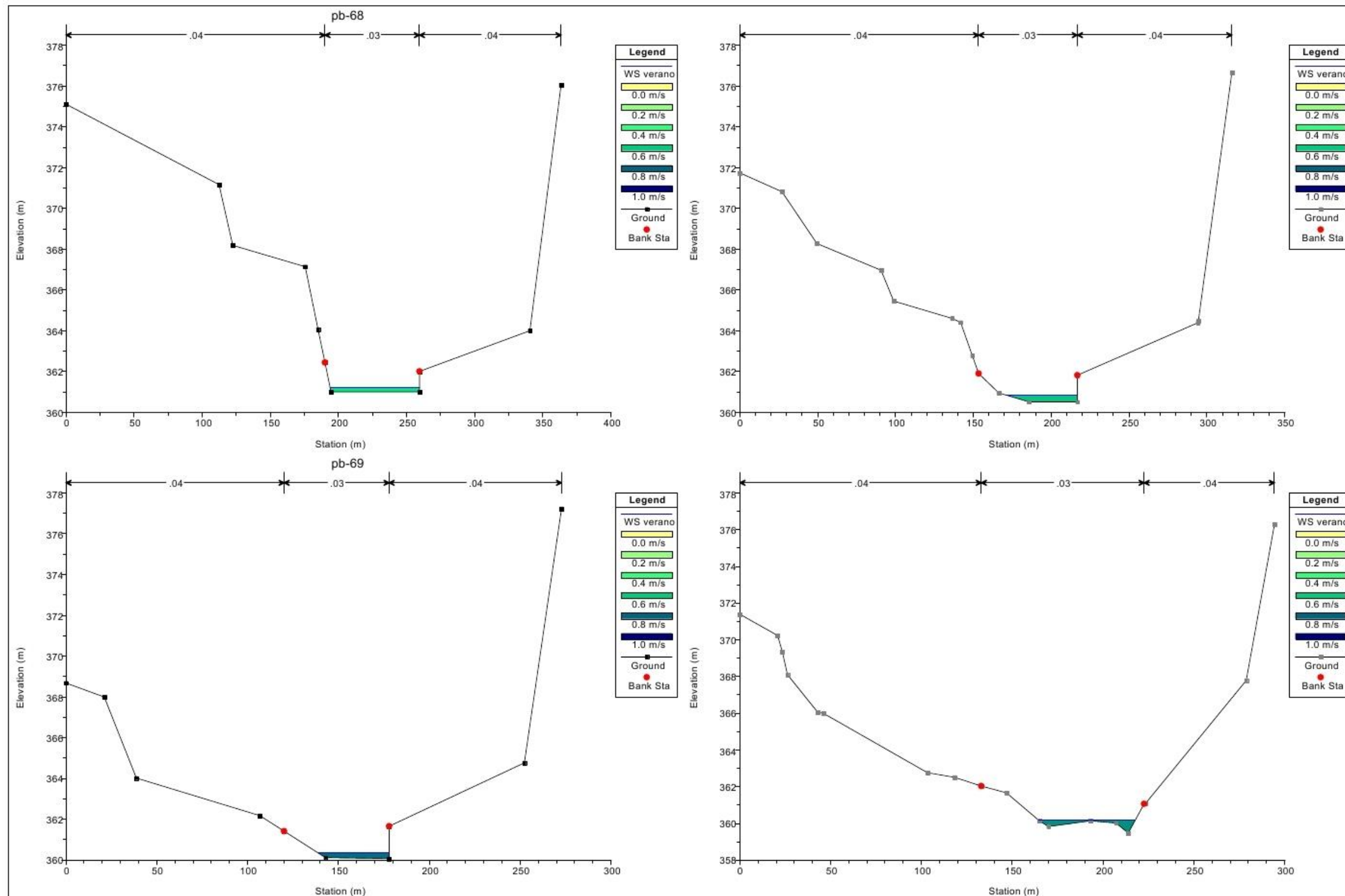


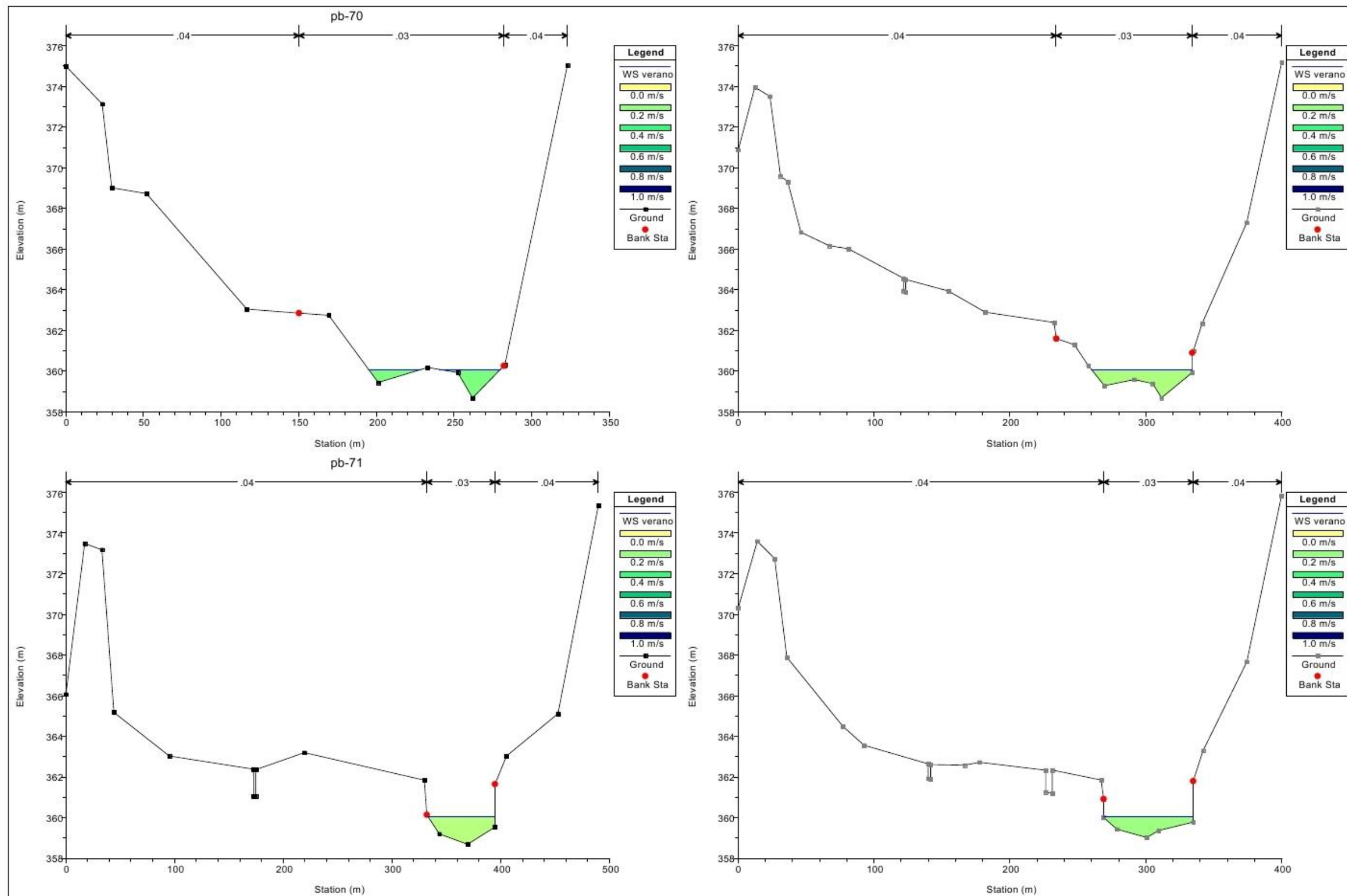


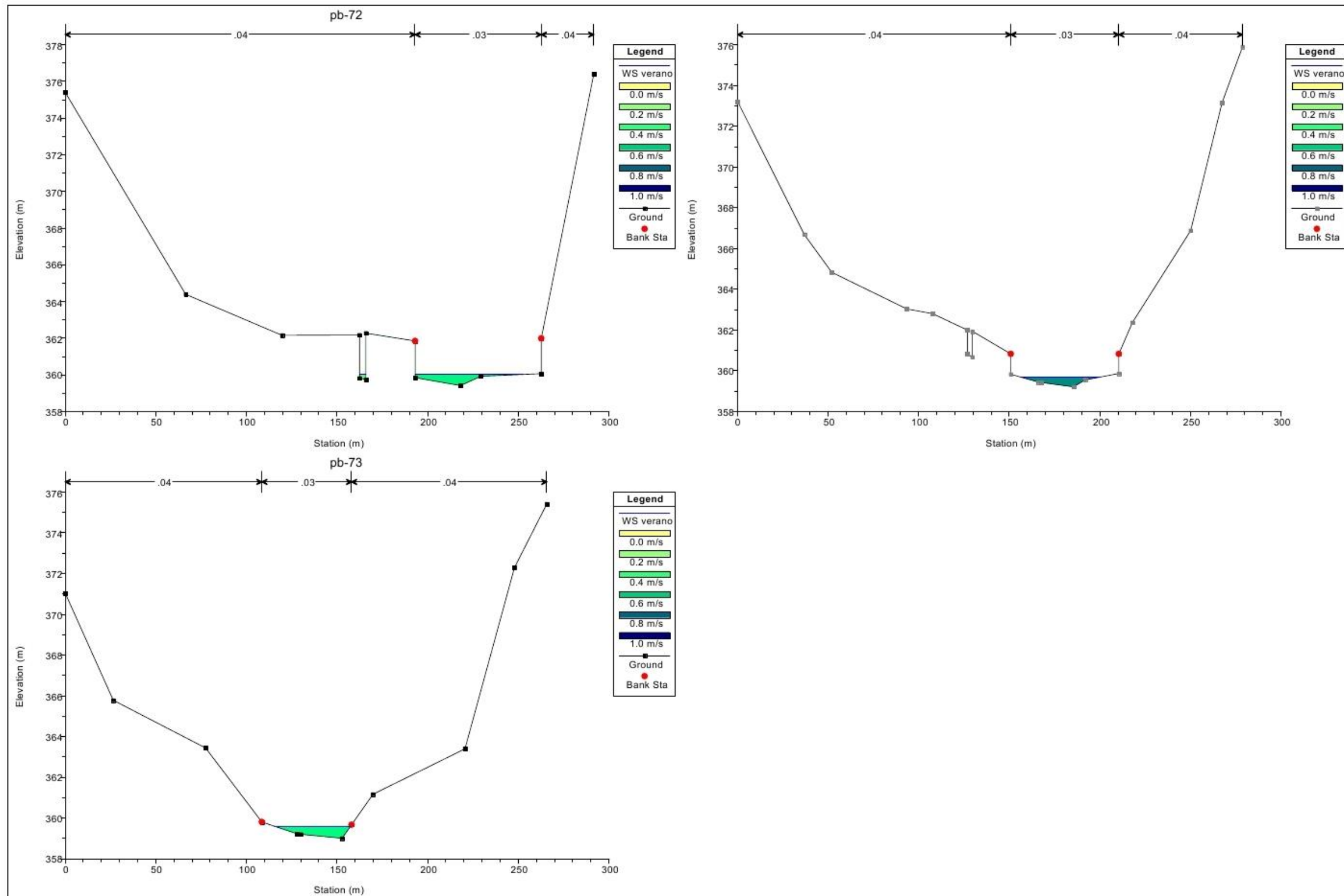




ZONA II: VELOCIDADES









ANEJO N°4

ESTUDIO GEOLÓGICO



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. MARCO GEOLÓGICO GENERAL

3. ESTRATIGRAFÍA

4. TECTÓNICA

4.1. FASES ANTEHERCÍNICAS

4.2. FASES HERCÍNICAS

4.3. CRONOLOGÍA Y EDAD DE LAS FASES HERCÍNICAS

5. HISTORIA GEOLÓGICA

5.1. CADENA CADOMIENSE

5.2. EVOLUCION PALEOZOICA PREHERCINICA

5.3. LA OROGENIA HERCÍNICA

5.4. EVOLUCION POSHERCINICA

6. PETROLOGÍA

6.1. ROCAS ÍGNEAS

6.2. ROCAS METAMÓRFICAS

6.3. FACIES DE METAMORFISMO

7. MAPAS GEOLÓGICOS



1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo es motivado por la necesidad de conocer la geología de la zona de estudio. Además se procederá al estudio de los materiales existentes.

En las páginas siguientes se va a ofrecer una síntesis de las características geológicas de la zona de estudio. Para ello, se estudian los siguientes aspectos:

Estratigráficos: disposición de las rocas.

Petrográficos: composición y tipología de las rocas que constituyen el sustrato.

Geomorfológicos: evolución del relieve y tipos de modelado.

Hidrogeológicos: comportamiento subterráneo de las aguas.

Riesgos geológicos: trascendencia que tienen en la sociedad por los costes de vidas y patrimonios.

2. MARCO GEOLÓGICO GENERAL

El área de estudio se encuentra cartografiada geológicamente en la Hoja 97 (Guntín) del Mapa Geológico de España, publicado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) a escala 1:50000. La zona se incluye dentro de la denominación Centro-Ibérica (JULIVERT, 1972) y según MATTE (1968), en la zona III, Galicia Oriental, que está caracterizada por la presencia de un Precámbrico esquistoso, localmente cuarcítico, bastante potente y de gran monotonía petrográfica. Presencia de un Ordovícico y Silúrico con una modesta diversidad de facies formado parte del dominio de pliegues tumbados.

3. ESTRATIGRAFÍA

Introducción

La Hoja de Guntín en la que nos encontramos participa de dos unidades o dominios de características litológicas y estructurales muy diferentes, denominadas en la región:

- Unidad del Domo de Lugo.
- Unidad del Olla de Sapo.

Ocupan la mitad oriental y occidental respectivamente de la Hoja, hallándose ambas separadas por una discontinuidad tectónica de extraordinaria importancia que se extiende desde el Cabo Ortegal hasta la región de Sarria.

La zona de estudio se encuentra en la parte noreste de la hoja por tanto se corresponde con el área de la Unidad del Domo de Lugo la cual se presenta a continuación.

Precámbrico

Al a la etapa correspondiente al Precámbrico se le denomina Serie de Villalba y se trata de un conjunto esquistoso-cuarcitoso. Este conjunto se ha subdividido en dos series denominadas Serie de Alba, la inferior y Serie de Villalba la superior.

Serie de Alba

La "Serie de Alba", está constituida por un conjunto de esquistos micacíticos muy ricos en moscovita, con alternancia de niveles cuarcíticos (tales como cuarcitas, cuarcitas feldespáticas y esquistos arenicosos), su potencia se estima en varios centenares de metros.

Está formada de muro a techo por los tramos que a continuación se describen:

- Tramo esquistoso. Como se ha expuesto en la introducción anterior este tramo constituye un monótono conjunto de esquistos micacíticos, muy ricos en moscovita (la biotita está presente en considerable menor proporción), de coloración rubia o amarillenta y marcada hojiosidad, caracterizados por la casi constante presencia de poiquiloblastos de estauroilita y granate, a los que acompaña andalucita y más raramente distena, a veces en proporciones semejantes a los de aquéllos. Todos estos minerales pueden ser en general reconocidos fácilmente dado el tamaño de los cristales, habiéndose llegado a encontrar estauroilitas de varios centímetros de longitud, monocristales de andalucita y distena de gran tamaño y granates de 1,5 cm. de diámetro. Las variaciones laterales y verticales de este conjunto son poco importantes y sólo merece ser destacada la eventual presencia de delgados (entre pocos centímetros y 1 dm.) horizontes lenticulares de anfibolitas piroxénicas (clinopiroxeno) de color oscuro, azulado o verdoso (en superficies no meteorizadas); presentan una elevada compacidad frente a la notable alterabilidad y degradabilidad de los esquistos que las incluyen, por lo que difícilmente pueden ser recogidas *in situ*, encontrándose sólo cantos sueltos de pequeño tamaño en puntos dispersos del afloramiento de la serie. Los esquistos de Alba, considerados como típicos, presentan grandes cristales de moscovita (de 1 a 3 cm²) de superficies algo alabeadas, lo que les confiere un especial aspecto lustroso, con superficies brillantes de color gris plateado. En todo el tramo afloran extensos, aunque delgados, cuerpos graníticos inyectados en la serie, siguiendo los planos de esquistosidad y apareciendo, por tanto, más o menos concordantes con aquélla. Estas rocas proceden de depósitos arcillosos, ricos en alúmina y hierro, y deficitarios en calcio y magnesio. Las intercalaciones lenticulares de anfibolitas clinopiroxénicas pueden ser representantes metamórficos de aislados episodios parcial o totalmente carbonatados, incluidos de forma irregular en la serie arcillosa original. La potencia de esta formación es difícil de precisar, dado el grado de metamorfismo y repliegues de la misma, aunque se estima que alcanza varios centenares de metros. Su afloramiento ocupa gran parte de la zona centro-sur de la Hoja y se extiende, a modo de banda de unos 2 km. de anchura, ampliándose hacia el Sur, en donde alcanza una anchura de 7-8 km.
- Tramo cuarcítico. Está formado por una alternancia de niveles cuarcíticos y esquistosos, generalmente tableados, que llegan a sumar una potencia máxima observada de unos 30-40 m. Petrográficamente se trata de cuarcitas, cuarcitas feldespáticas y esquistos arenicosos, blancos o de tonos claros, que se distribuyen en capas tableadas (de grosor comprendido entre 1 cm. y 2 dm. en general) que intercalan micasquistos moscovíticos verdosos, grises o rosados,



en láminas extraordinariamente delgadas. Hacia el muro las capas cuarcíticas adquieren mayor potencia, en detrimento del grosor de las capas esquistosas intercaladas, resultando en apariencia cuarcitas masivas, efecto a menudo ayudado por los frecuentes repliegues que las afectan. La homogeneidad petrográfica de estas rocas, en todos los afloramientos encontrados es grande, tanto en litología como en textura. Desde el punto de vista morfoestructural aparecen notables diferencias de unos a otros sectores, más ostensibles dada la compacidad y dureza de estas rocas, en relación con la deleznablez de la serie esquistosa encajante. El repliegue de las capas aflorantes se traduce, invariablemente, en la formación de escarpes y prominencias tanto más elevados cuanto mayor complejidad presenta. No se observan grandes cambios laterales de facies en el presente tramo, aunque sí existe cierta variabilidad en las secuencias estratigráficas y en el grosor relativo de las capas cuarcíticas y esquistosas, en las diversas columnas estudiadas. En cualquier caso conviene tener en cuenta las deficientes condiciones de observación que presenta la zona en general, y la existencia de pliegues de tipo isoclinal no detectados en dichos cortes, pero observados en otros afloramientos, para que las columnas levantadas tengan sólo carácter indicativo. La frecuente composición feldespática de estas rocas y la densa red de diaclasas que las afecta, les confieren cierta vulnerabilidad frente a la meteorización, apareciendo en muchos afloramientos como areniscas deleznales de marcada disyunción granular, cubiertas casi totalmente por suelos arenosos blanco-amarillentos.

Serie de Villalba

La Serie de Villalba reposa sobre la serie anterior, al parecer, mediante contacto concordante y está formada por una monótona secuencia de esquistos, micacitas y gneis pelíticos con granate. El paso de una a otra se realiza de forma insensible, ya que en realidad las series de Alba y Villalba forman una unidad litológica en la que sólo son netamente diferenciables los bancos cuarcíticos como grupo litológico más representativo de la que se ha denominado Serie de Alba. Está formada por una potente y monótona secuencia de esquistos, micacitas y gneis pelíticos con granate, que intercalan esporádicos lentejones de anfíbolitas o gneis anfibólicos, de potencia próxima al decímetro y extensión muy variable.

Los esquistos de esta serie, considerados como típicos, presentan estructura equigranular de grano fino, con cuarzo y biotita mayoritarios, sobre moscovita, granate u otros componentes menores. Esta estructura enmascara en parte su esquistosidad y les confiere una disyunción irregular y granular (gneis pelíticos). La presencia de moscovita en grandes cristales es rara, y suele presentarse en zonas próximas a inyecciones graníticas en parte cruzadas por diques pegmatíticos (moscovitización posterior).

Los gneis anfibólicos intercalados en la serie se caracterizan por presentar los cristales dispersos en los planos de foliación con la dimensión máxima paralela a los mismos, adoptando una distribución en forma de gavillas, o bien irregular. Son rocas de extraordinaria compacidad y dureza, de color gris verdoso o azulado, que presentan un bandeo típico, motivado por la concentración de anfíboles en ciertos planos de la esquistosidad. Aparecen con mayor frecuencia en ciertos tramos de la serie, sobre todo hacia el centro y techo de la misma, tomando como referencia estratigráfica la aparición del tramo cuarcítico de la Serie de Alba infrayacente. Éstas aparecen, con frecuencia, en forma de cantos dispersos en los afloramientos de la serie, si bien han podido ser recogidas *in situ* en numerosos puntos.

La potencia total de esta serie es difícil de estimar, aunque puede cifrarse entre varios centenares y el millar de metros.

La atribución de ambas formaciones al Precámbrico obedece al hecho de que sobre ellas descansa, mediante contacto discordante, el Cámbrico bien datado formado por una potente unidad (2500 m.) denominada "Grupo Cándana", constituida por areniscas feldespáticas, pizarras y niveles subordinados de dolomías y microconglomerados pertenecientes al Cámbrico Inferior.

Terciario

La formación terciaria viene representada por un nivel arcósico en la base, unas arcillas y margas que intercalan algún nivel más detrítico y un nivel superior conglomerático. Las arcosas son grises, de grano fino a medio, mal compactadas, y se encuentran en finos niveles que no suelen superar los 2 m de potencia. Las arcillas y margas arcillosas son verdosas con finos niveles rojizos. Su potencia varía en función de su emplazamiento, oscilando entre 3 y 20 m aproximadamente. Este Terciario yace horizontalmente fosilizando un relieve premioceno o bien rellenando fosas tectónicas recientes de origen distensional que, en algunos sitios, pueden producir saltos de falla importantes que implican potencias de algún centenar de metros en los materiales terciarios. Encima, y recubriendo arcillas y margas, hay un nivel conglomerático de 1,5 m de espesor, muy suelto, y tipo raña, con cantos de cuarcita subangulosos de hasta 10 cm de diámetro y heterométricos que están inmersos en una matriz arcillo-limosa.

Cuaternario

Los depósitos cuaternarios considerados en cartografía responden casi exclusivamente a suelos aluviales y conos de deyección. En contadas ocasiones se han incluido con los aluviones formaciones superficiales de origen aluvial o coluvial:

- Los depósitos aluviales están formados, en general, por limos pardos y arcillas con cantos subredondeados poligénicos y heterométricos. La proporción relativa de ambas fracciones es muy variable, llegando a constituir gravas lavadas en ciertos sectores y arcillas limosas y cienos. A veces constituyen terrazas ligeramente colgadas (1,5 m en el río Miño). La potencia de estos depósitos raramente supera los 5-6 m.
- Los conos de deyección se ubican en las márgenes del Miño y son, desde el punto de vista cartográfico, muy poco importantes. Están formados por derrubios heterométricos de arcillas y cantos cuya naturaleza varía en función del substrato sobre el que se apoyan.

Ambas formaciones superficiales se apoyan discordantes sobre cualquier tipo de substrato de la Hoja.



4. TECTÓNICA

4.1. FASES ANTEHERCÍNICAS

En la presente Hoja los movimientos prehercánicos no han tenido gran importancia desde el punto de vista de la deformación.

Estas fases se han manifestado fundamentalmente como movimientos epirogénicos, siendo los más importantes los cadomienses y los sárdicos.

En la unidad del Olla de Sapo existen afloramientos paleozoicos que descansan sobre los materiales precámbricos, pudiendo observarse los siguientes hechos:

- La no existencia de materiales cámbrios.
- El Ordovícico Inferior está representado por un microconglomerado basal.
- Los esquistos del Ordovícico Inferior descansan sobre el microconglomerado, sobre el «Olla de Sapo» de grano fino, o sobre el Olla de Sapo de grano grueso, indistintamente.

Estos hechos permiten concluir la existencia de una disconformidad Precámbrico-Ordovícico.

4.2. FASES HERCÍNICAS

Se han citado en Galicia Oriental varias fases tectónicas de edad hercínica. Las más importantes corresponden a dos fases de plegamiento, que según su edad se han denominado Fase 1 y Fase 2. Posteriormente a la Fase 2 se producen algunas deformaciones tardías de menos importancia, que dan únicamente estructuras menores: y un sistema de fracturas de desgarre de dirección ENE.-OSO.

Fase 1

Dominio del Domo de Lugo

En esta unidad la Fase 1 da lugar a la formación de una esquistosidad de flujo que afecta únicamente a los materiales precámbricos. Todos los afloramientos de estas series forman parte del flanco normal del gran pliegue tumbado de Mondoñedo-Lugo-Sarria.

Los pliegues menores (a escala mesoestructural) se caracterizan por ir acompañados de una esquistosidad de plano axial bien desarrollada; son, por lo general, isoclinales, presentando planos axiales subhorizontales y en raras ocasiones con buzamiento de más de 30-40°. En las zonas en las que el metamorfismo es más intenso, los pliegues menores muestran, en ocasiones y a escala de afloramiento, ejes curvados con cambios de dirección que pueden alcanzar los 30-40°.

Las lineaciones que se desarrollan en el curso de la primera fase de plegamiento son las siguientes:

- Lineaciones de intersección resultantes de la intersección de la estratificación con la esquistosidad; se observan fácilmente en las series alternantes de esquistos y cuarcitas de Alba;

a escala de afloramiento son rectilíneas, subhorizontales (rara vez sobrepasan 5-10° de buzamiento al N.) y paralelas al plano axial de los pliegues.

- Las lineaciones de estiramiento se han observado en algunos minerales de metamorfismo, las micacitas muestran una lineación mineral E.-O. que corresponde a un estiramiento de los pliegues frecuentemente según el eje a (perpendicular al plano axial del pliegue), pero en ocasiones es oblicua e incluso paralela.
- En los gneis anfibólicos es frecuente la aparición de un *boudinage* que tiene su eje más largo, aproximadamente paralelo al plano axial de los pliegues.

Dominio del Olla de Sapo

La deformación de la Fase 1 se observa únicamente a escala microestructural. A esta escala se manifiesta por una esquistosidad deformada por la Fase 2 y una serie de micropliegues similares, isoclinales y originalmente acostados.

A escala megaestructural es posible que la unidad del Olla de Sapo forme un gran pliegue acostado vergente hacia el E.

Fase 2

Esta fase no se desarrolla de forma importante más que en el dominio del Olla de Sapo, donde es responsable de las estructuras mayores visibles; su importancia se atenúa de O. a E., de forma que en el dominio del Domo de Lugo apenas tiene importancia, manifestándose únicamente por el abombamiento de gran radio del Precámbrico y las inyecciones graníticas.

Dominio del Olla de Sapo

Está representada la Fase 2, en este dominio, por el anticlinal del Olla de Sapo. Esta gran estructura se puede seguir en más de 300 km., desde el extremo N. de las costas de Galicia hasta la provincia de Zamora (Sanabria).

Este anticlinal del Olla de Sapo es en realidad un gran anticlinorio con pliegues de plano axial de dirección N.-S. subvertical y en el que las formas sinclinales son siempre más apretadas que las formas anticlinales.

Los grandes pliegues de la segunda fase se acompañan, en ocasiones, de pliegues menores de estilo muy variable, desde simples ondulaciones a pliegues a veces muy apretados. A escala de unos centímetros y en los núcleos de los pliegues mayores estos pliegues llegan a ser isoclinales, siendo entonces difíciles de diferenciar de los pliegues de Fase 1 por su aspecto, aunque se distinguen de ellos por ser menos apretados, tener el plano axial subvertical (nunca tumbado) y porque pliegan las estructuras de Fase 1 y las foliaciones y texturas metamórficas.

La esquistosidad de Fase 2 no alcanza un desarrollo tan espectacular como la de la Fase 1; en general es más grosera y está más irregularmente repartida; en los bancos competentes es una esquistosidad de fractura, mientras que en los niveles esquistosos es una esquistosidad de tipo *strain slip*.



Dominio del Domo de Lugo

La Fase 2 es responsable, en este dominio, del abombamiento que origina el Domo de Lugo. A escala microestructural, esta fase alcanza un desarrollo poco importante, pero en algunos puntos se observan micropliegues de arrastre y una esquistosidad de crenulación o de fractura.

Fases tardías

Se manifiestan en micro y mesoestructuras que, generalmente, afectan a las esquistosidades Fase 1 y/o Fase 2; algunas de ellas están ligadas a esfuerzos de compresión, mientras que otras están ligadas a distensiones. Las más importantes son los *kink-bands* y algunas fallas de desgarre.

Los *kink-bands* son frecuentes en las formaciones ordovícicas y silúricas del dominio del Olla de Sapo; presentan planos generalmente subverticales y suelen aparecer acompañados por una esquistosidad de tipo *strain slip*.

Con posterioridad a la Fase 1 y la Fase 2 se desarrolla un sistema de fracturas de desgarre, generalmente sinistras, de dirección ENE.-OSO, que corresponden a unos esfuerzos de compresión casi N.-S. que se produjeron en Galicia al final de la Orogenia Hercínica, Estas fracturas frecuentemente aparecen cicatrizadas por diques de cuarzo o diabasa.

Fases de deformación recientes

Posteriormente a la deformación pirenaica, que afecta al borde continental norte de la Península Ibérica, existe un levantamiento en bloque de Galicia, acompañado de una distensión que hace jugar en falla normal la mayoría de las fallas de desgarre horizontal poshercínicas. Los *grabens* originados por esta distensión se han rellenado de una grava pliocena de características poco uniformes.

4.3. CRONOLOGÍA Y EDAD DE LAS FASES HERCÍNICAS

Cronología relativa

Se define mediante la siguiente secuencia;

- La Fase 1 afecta a toda la Hoja.
- Posible cabalgamiento de la unidad del Olla de Sapo sobre la del Domo de Lugo.
- Fase 2 de plegamiento, que pierde intensidad hacia el E, de la Hoja.
- Juego de falla normal del contacto entre las dos unidades con formación de estructuras de origen distensional en el labio hundido.
- Formación de *kink-bands* y fallas de desgarre.

Dataciones

La falta de depósitos posttectónicos dificulta la datación de las Fases Hercínicas. Las fallas de desgarre cortan a la granodiorita tardía del macizo de Neira, de edad pérmica (260 m.a.).

Más al S. las dos fases de plegamiento son probablemente anteriores al Estefaniense Medio, y que la primera fase no debe ser más antigua que en los Montes Cantábricos, donde está comprendida entre

el Namuriense y el Westfaliense Superior. Se asigna a la Fase 2 una edad comprendida entre el Westfaliense Superior y el Estefaniense.

Las medidas geocronológicas efectuadas en los granitos de Galicia Nororiental pueden dar una idea de la edad de las deformaciones en zonas internas. Estas medidas coinciden prácticamente con las efectuadas sobre biotita y/o moscovita.

Las leucogranodioritas sin-fase 2 tienen una edad de 290 a 295 m. a., que correspondería a una edad Estefaniense, mientras que las granodioritas prefase 2 y posfase 1 tienen una edad de 310 a 320 m.a., lo que supondría una edad Namuriense Superior o Westfaliense Inferior.

5. HISTORIA GEOLÓGICA

La historia geológica de la región comprensiva de la Hoja puede resumirse en los acontecimientos y fenómenos que a continuación se glosan:

- Sedimentación geosinclinal en el Precámbrico Superior con manifestaciones magmáticas escasas.
- Movimientos epirogénicos antehercínicos responsables sólo de eventuales disconformidades entre las distintas series depositadas.
- Orogenia hercínica definida por dos fases de deformación principales y un metamorfismo regional mesozonal de baja presión que comienza con la primera de aquéllas.
- Movimientos tardíos que dan lugar a desgarres y otras deformaciones menores, siempre de tipo fractura, dada la rigidez generalizada del zócalo, sometido ya, en parte, a un intenso proceso erosivo.

5.1. CADENA CADOMIENSE

Tras la sedimentación geosinclinal que dio origen a las formaciones precámbricas (series de Alba, Villalba y Olla de Sapo) de la Hoja, tuvieron lugar los movimientos cadomienses que produjeron deformaciones de gran radio de curvatura, sin esquistosidad u otros fenómenos metamórficos o plutónicos, al menos de importancia. En consecuencia, la región se vio sometida a un prolongado proceso de erosión, dando origen a la extensa plataforma de arrasamiento poscadomiense.

5.2. EVOLUCION PALEOZOICA PREHERCINICA

A partir del Cámbrico, las unidades definidas en la zona estudiada (Olla de Sapo y Domo de Lugo) presentan historias geológicas diversas. Mientras que la primera debió permanecer emergida durante todo el Cámbrico, la unidad del Domo de Lugo funcionó de nuevo como cuenca sedimentaria, probablemente de poca profundidad, dando origen a la serie cámbrica que aflora más al E., en donde reposa sobre la Serie de Villalba.



Al final del Cámbrico se producen movimientos epirogénicos y de nuevo se inicia una etapa de sedimentación que afecta a ambos dominios, depositándose la serie del Ordovícico Inferior, representada por formaciones que incrementan considerablemente su espesor hacia el E. La no aparición de esta serie dentro de la Hoja, en el ámbito del Domo de Lugo, se debe a fenómenos de erosión posterior, consecuencia de la dispar evolución hercínica de ambas unidades.

Durante el Ordovícico Superior y Silúrico la sedimentación pelítica prosigue, dando origen a las series esquistosas y cuarcíticas actualmente aflorantes en ambos dominios (en el del Domo de Lugo). Es preciso indicar, sin embargo, que el borde E. del dominio del Olla de Sapo y la parte oeste de la región del Domo de Lugo constituyeron un importante umbral que dio origen a dos subcuencas, situadas a ambos lados del mismo.

5.3. LA OROGENIA HERCÍNICA

Comienza con un prolongado proceso térmico y mecánico probablemente al final del Devónico, aunque alcanza su verdadera dimensión hacia el Carbonífero Medio.

Consta, en el ámbito regional estudiado, de dos fases principales: La primera, ligada a un metamorfismo regional creciente, determina la formación de grandes pliegues tumbados y fenómenos anatécnicos importantes que alcanzan su culminación en la unidad del Domo de Lugo. Cuando la intensidad de metamorfismo empieza a decrecer por el levantamiento del conjunto regional, tiene lugar el emplazamiento de los primeros granitos calco-alcalinos (granodiorita precoz), ayudado por las eventuales fracturas producidas en la corteza a causa de este levantamiento. Durante la prefase 2 el levantamiento de la cadena fue más acusado, como parece indicar el hecho de que las estructuras debidas a la Fase 2 afecten a un nivel estructural superior en todo el ámbito estudiado. En esta etapa debió emplazarse el granito de dos micas del macizo Boveda-Hombreiro.

La segunda fase afecta principalmente a la unidad del Olla de Sapo, originando repliegues de plano axial subvertical y el emplazamiento de granitos alcalinos parautoctonos (granito de dos micas de macizos situados al NO- del de Boveda-Hombreiro). En la unidad del Domo de Lugo su acción se traduce en un suave abombamiento de las series precámbricas, originando ángulos de inmersión de la esquistosidad, en uno y otro flanco, difícilmente superiores a los 35-40°. La discontinuidad estructural que separa a ambas unidades, dentro de la Hoja estudiada, debió funcionar al finalizar la Fase 2, como falla normal, produciéndose en el labio hundido (occidental) *kink-bands* y pliegues en *chevron* de plano axial subhorizontal relacionados con ella.

La orogenia hercínica termina, al finalizar la Fase 2, con una serie de deformaciones menores, algunos desgarres y, sobre todo, con el emplazamiento de la granodiorita tardía del macizo de Neira (ángulo SE. de la Hoja) y probablemente algunos diques de doleritas, si bien hay que pensar que la mayor parte de los diques básicos corresponden a fases poshercínicas, aprovechando la esquistosidad, diaclasas cualquier tipo de discontinuidades creadas durante o al final de la Fase 2.

La duración de ambas fases y el prolongado intervalo que las separa ha podido estimarse en unos 30 m. a., mientras que el tiempo total para la formación de la Cadena Hercínica se calcula en, cuando

menos, 310-320 m. a. a la de deformación, ya que los últimos granitos intruidos en ella se han emplazado unos 35 m. a. después de la segunda fase

Por último, la Cadena pasa a constituir un zócalo rígido afectado ya únicamente por basculamientos de origen isostático y algunos desgarres locales de pequeña importancia.

5.4. EVOLUCION POSHERCINICA

El macizo hercínico constituido en plataforma rígida y sometido a un largo período de erosión, creó su propia morfología, sin que se produjeran fenómenos de sedimentación hasta los tiempos terciarios.

Estos depósitos continentales ocuparon las principales depresiones existentes, suavizando el accidentado paisaje regional creado desde los tiempos tardihercínicos y contribuyendo a perfilar la subactual morfología de la Hoja. Finalmente, el macizo muestra vestigios de un proceso muy débil de elevación, con el consiguiente encajamiento de los ríos que cruzan la Hoja (Miño y Ferreira, principalmente), en cuyo cauce pueden observarse aislados retazos de una terraza elevada entre 1,5 y 2 m. sobre el nivel actual del río, consecuencia de las ligeras variaciones del nivel de base de los mismos a escala regional.

6. PETROLOGÍA

6.1. ROCAS ÍGNEAS

Las rocas ígneas que afloran en la hoja se pueden incluir en las grandes series graníticas que se extienden por toda la Cadena Hercínica:

- Granitos calcoalcalinos biotíticos (Granodioritas).
- Granitos alcalinos de dos micas (Leucogranodioritas).
- Doleritas.

De los cuales hablaremos en los siguientes apartados.

Granodioritas

Se han considerado dos tipos diferentes, por haberse emplazado en momentos distintos de la historia geológica de la región.

Granodiorita precoz

Aflora en el borde suroccidental de la Hoja en estudio; los terrenos encajantes, dentro de esta Hoja, son los esquistos y cuarcitas del Ordovícico Inferior del flanco occidental del anticlinal del Olla de Sapo. El



contacto de esta granodiorita con los esquistos ordovícicos se hace aprovechando una gran fractura que se puede seguir hasta la costa N. de Galicia.

La facies común del batolito es una roca de grano grueso, de color gris oscuro, en la que se pueden apreciar "de vista" grandes cristales (3-8 cm.) de feldespato potásico, gruesos cristales alotriomorfos de cuarzo y un claro predominio de la biotita sobre la moscovita, ya que esta última sólo se presenta en zonas próximas al emplazamiento de granitos posteriores.

El estudio petrográfico de esta roca proporciona los siguientes datos acerca de los minerales encontrados:

- El contenido en cuarzo y feldespato potásico es el más variable; así, el porcentaje en cuarzo oscila entre un 30 y 39 por 100, mientras que el de feldespato potásico lo hace entre el 29 y 38 por 100.
- La plagioclasa es el mineral dominante; se presenta en cristales subidiomorfos.
- El feldespato potásico es alotriomorfo en gran parte, pero a veces se observan cristales subidiomorfos.
- El cuarzo se presenta en cristales alotriomorfos.
- La biotita, que es la única mica abundante, es fuertemente pleocroica y presenta numerosas inclusiones de circón. Frecuentemente se encuentra cloritizada.
- Como minerales accesorios destacan: moscovita, apatito, rutilo, circón y opacos. La textura es granuda porfídica.

Granodiorita tardía

Se emplaza en el ángulo SE. de la Hoja, bajo los depósitos pliocuaternarios de O Páramo, aunque el único afloramiento visible aparece a lo largo de la margen izquierda del río Miño.

Este macizo granodiorítico circunscrito se halla intruido en las series esquistosas de Alba y Villalba, al parecer mediante mecanismos de inyección forzada, deformando, y en parte cortando, a la esquistosidad de aquellos. Son rocas compactas, de textura porfiroide, en las que destacan los megacristales de feldespato de varios centímetros, de tonos blancos o rosados, frecuentemente maclados. Presenta la roca tonalidades grisáceas, fractura irregular y disyunción, a meso escala, en bolas.

El estudio petrológico proporciona los siguientes datos:

- La plagioclasa es el mineral más abundante; generalmente es andesina y, en menos ocasiones, oligoclasa.
- El feldespato potásico se presenta en megacristales subidiomorfos de microclina con inclusiones de cuarzo.
- El cuarzo se presenta en cristales alotriomorfos.
- La biotita suele aparecer formando agregados extensos, en los que se suelen acumular los minerales accesorios.
- Los minerales accesorios más abundantes son apatito, circón, clorita (procedente de la alteración de la biotita) y opacos.

Leucogranodioritas

Constituyen un grupo de granitos adamellíticos petrológicamente análogos entre sí, aunque heterócronos en su emplazamiento. Los terrenos encajantes son, para los distintos macizos, muy diferentes.

El principal dato petrográfico de estas leucogranodioritas, es el que presenta una textura granular xenomorfa, lo que indica un crecimiento casi contemporáneo a todos los minerales principales. Se distinguen los siguientes tipos:

- Leucogranodioritas sinfase 1.
- Leucogranodioritas prefase 2.
- Leucogranodioritas sinfase 2.

Se producen estos granitos durante una larga secuencia de tiempo. Los primeros aparecen en relación con la primera fase de deformación en muy pequeñas cuantías, extendiéndose la producción a lo largo de la génesis de la cadena hasta alcanzar su máximo en la interfase 1-2, momento en el que el metamorfismo alcanza su grado máximo. Son granitos de anatexia paraautóctonos que se producen mediante un proceso de fusión húmeda, por lo que van acompañados de procesos neumatólíticos e hidrotermales. Así, estos granitos que penetran a favor de la esquistosidad, aunque no dan aureola de metamorfismo, sí dan una zona alrededor del granito con una densidad importante en filones de aplita, pegmatita, cuarzo, turmalinitas, esmeralditas, etc.

Los principales datos mineralógicos obtenidos, son los siguientes:

- El cuarzo es siempre alotriomorfo, en ocasiones presenta inclusiones de minerales accesorios. Los cuarzoes presentan generalmente extinción ondulatoria mientras que los feldespatos son microclinas. En las plagioclasas se observa una zonación muy marcada, ligeramente oscilatoria, las biotitas tienen un tinte rojizo debido al contenido en titanio.
- El feldespato potásico es microclina, difícilmente se individualizan megacristales, en ocasiones los feldespatos están corroídos.
- Las plagioclasas tienen un contenido de anortita que permite encuadrarlas en albita u oligoclasa.
- Las moscovitas son siempre las últimas en cristalizar, pues forman cristales que engloban a los otros minerales.
- Las biotitas son siempre de tonos muy rojizos, lo que indica un alto contenido en titanio. Se alteran fácilmente.
- Los minerales accesorios más frecuentes son: turmalina, apatito, circón, granate, opacos y rutilo.

Doleritas

Se presentan en la región en filones de hasta 25 m. de potencia; los restantes diques encontrados son de poca potencia (4 - 5 m.). El emplazamiento de estos diques se efectúa aprovechando fracturas distensionales en dirección ENE - OSO que cortan transversalmente a las estructuras de segunda fase, por lo que son claramente posthercánicos. Presentan estructuras concrecionales, no habiéndose observado nunca la disyunción prismática tan frecuente en los diques de rocas basálticas en otras regiones. Tienen color verdoso, textura ofítica y son muy compactas. La composición mineralógica presenta como elementos principales plagioclasa (andesina-labradorita), clinopiroxeno (augita), clorita



y productos de uralitización. Como accesorios presenta carbonatos (secundarios), esfena, leucoxeno y opacos (magnetita e ilmenita).

6.2. ROCAS METAMÓRFICAS

Estudio petrológico de las rocas de en los dominios o unidades del Domo de Lugo.

Serie de Alba

Aparece formada básicamente por los tipos petrológicos siguientes:

- Gneis biotítico con estaurolita y granate.

Presenta cuarzo, plagioclasa (An>15 por 100) y biotita como elementos esenciales y clorita (secundaria), granate, estaurolita, apatito, circón y opacos como accesorios. Su textura es lepidoblástica o gneíca. La estaurolita suele ser poiquiloblástica y los granates alcanzan gran tamaño en algunas zonas. Procede de materiales arcillosos más ricos en Fe que en Mg, con abundante alúmina.

- Esquisto mosco - biotítico con estaurolita y sillimanita, cuarcita.

Los esquistos micáceos con estaurolita y sillimanita contienen cuarzo, moscovita y biotita como elementos esenciales, y estaurolita, sillimanita, apatito, circón, clorita (seudomórfica de biotita) y opacos. Suelen acompañar turmalina y granate como accesorios. Su textura es lepidoblástica en general.

- Cuarcita micácea y/o feldespática orientada.

Contiene cuarzo como elemento esencial y óxidos de Fe, circón, leucoxeno, apatito, epidota y micas como componentes accesorios. Su textura es generalmente granoblástica. La presencia de micas suele ir acompañada de una marcada orientación de los granos.

- Gneis piroxénico o anfíbol-piroxénico.

El gneis piroxénico y/o anfíbol - piroxénico contiene cuarzo, feldespato, plagioclasa y piroxeno monoclinico (diópsido) como elementos esenciales, y epidota, esfena y opacos como accesorios. Su textura es nematoblástica. Procede presumiblemente de sedimentos detríticos de naturaleza carbonatada, afectados por el metamorfismo regional. Pertenece a la facies de la anfíbolita.

Serie de Villalba

Se han encontrado los tipos petrológicos que a continuación se describen:

- Esquisto micácico granatífero.

Está formado por cuarzo, biotita, moscovita, plagioclasa (oligoclasa) y granate como elementos esenciales, y turmalina, circón apatito y opacos como accesorios. La plagioclasa es

accesoria a veces. Acompaña también a veces clorita (secundaria) y sillimanita (desarrollada a partir de biotita). La textura es lepidoblástica.

- Gneis biotítico con granate.

Aparecen como minerales esenciales: cuarzo, plagioclasa (An >15 por 100), biotita (moscovita a veces) y granate (no siempre), y como accesorios: apatito, circón y opacos. Proceden de sedimentos arcillosos afectados por metamorfismo regional, en la facies de la anfíbolita.

- Gneis anfibólico

Está formado por cuarzo, plagioclasa (An>15 por 100) y anfíbol monoclinico (hornblenda) como componentes principales (a veces epidota y granate), y como accesorios; granate, apatito, esfena, epidota y opacos.

6.3. FACIES DE METAMORFISMO

El metamorfismo de la Hoja de Lugo es de tipo mesozonal, presión intermedia, asimilable al metamorfismo tipo Barrowiense, si bien con un gradiente geotérmico inferior. Se encuentra la siguiente sucesión zonal: zona de la clorita, zona de la biotita, zona del granate, zona de la estaurolita y zona de la sillimanita.

La mesozona es la más extendida, mientras que la epizona, zona de la clorita y catazona (zona de la sillimanita) vienen representadas en superficies más restringidas.

Observando el mapa de isógradas se pone de manifiesto el efecto de zócalo, y así se definen estructuras con dirección general N-S, manifestándose un sinclinal en la zona que delimita los dominios del Olla de Sapo y Domo de Lugo, mientras que, en ambas unidades, se manifiestan dos anticlinales térmicos, siendo el gradiente de metamorfismo en la parte oriental del Olla de Sapo mucho más elevado que en la zona occidental del Domo de Lugo.

El dominio del Domo de Lugo presenta una gran plataforma de estaurolita, así llamada por analogía con la plataforma de sillimanita de New Hampshire. En el dominio del Olla de Sapo las isógradas están replegadas por la fase 2. Al funcionar la fractura Olla de Sapo-Domo de Lugo, la zona del granate, en el dominio O, choca con la zona de la estaurolita (en el dominio E), confirmando el funcionamiento de la fractura como falla normal. La presencia de cianita en una franja al O de la fractura puede explicarse por la sobrepresión anómala producida al cabalgar la unidad Olla de Sapo sobre el Domo de Lugo.

Las características del metamorfismo registrado en esta Hoja parecen encuadrar perfectamente dentro del metamorfismo regional hercínico de Galicia oriental, según el cual el grado geotérmico medio correspondiente al metamorfismo regional hercínico en Galicia nororiental está comprendido entre 20° C y 30° C/km.



7. MAPAS GEOLÓGICOS

A continuación se adjuntan los mapas geológicos correspondientes a la zona de proyecto, extraídos de planos a distintas escalas.

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA
E. 1:50.000

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

GUNTIN

97
7-7

Zona de proyecto

LEYENDA

UNIDAD DEL «DOMO DE LUGO»		
CUATERNARIO	QAI	DAI
PLIO-CUATERNARIO	T ₁ -Q ₁	T ₁ -Q ₁
PRECAMBRICO	PC	PC

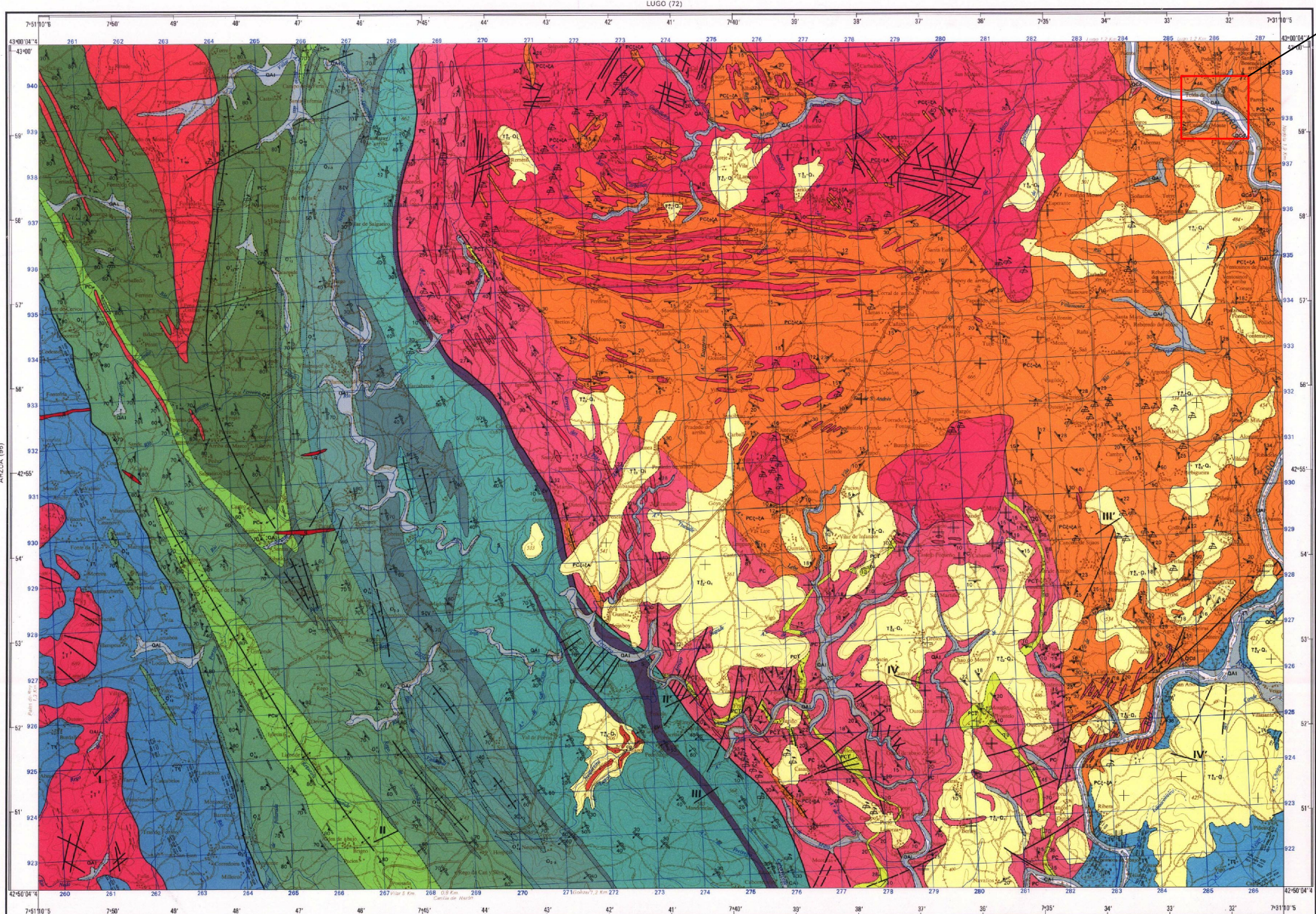
UNIDAD DEL «OLLO DE SAPO»		
CUATERNARIO	QAI	DAI
PLIO-CUATERNARIO	T ₁ -Q ₁	T ₁ -Q ₁
SILURICO	S	S
DEVONICO	D	D
PERMIANO	P	P
TRIASICO	T	T
JURASICO	J	J
CRETACEO	C	C
TERCIARIO	T	T
CUATERNARIO	Q	Q

ROCAS GRANITICAS HERCINICAS

T ₁ -Q ₁	G ₁
T ₁ -Q ₁	G ₂
T ₁ -Q ₁	G ₃
T ₁ -Q ₁	G ₄

ROCAS FILONIANAS POSTECTONICAS

F	F
F	F

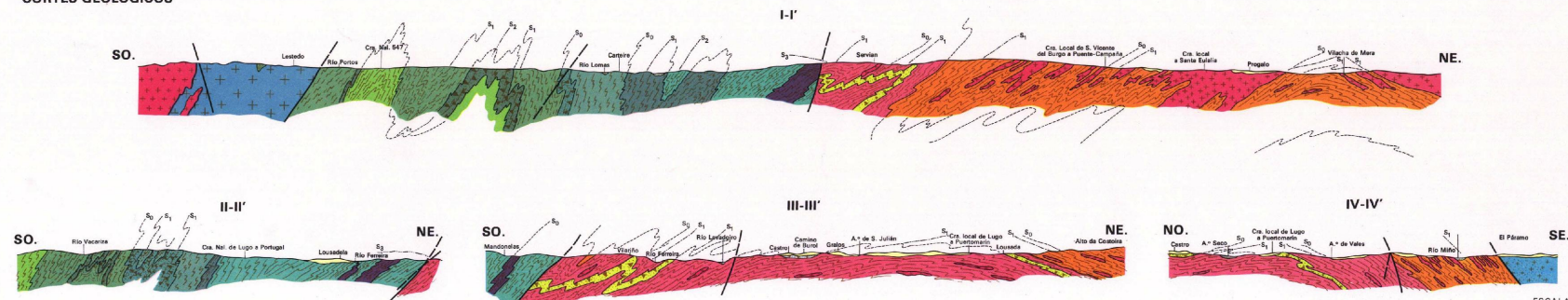


EDITA: SERVICIO DE PUBLICACIONES-MINISTERIO DE INDUSTRIA
C.S.G., 1972
Base topográfica: dibujo y reproducción: Instituto Geográfico y Cartográfico — Dirección General M-31.710-1975
NORMAS, DIRECCION Y SUPERVISION DEL I.G.M.E.
Autor: DIVISION DE GEOLOGIA DEL I.G.M.E. | Adm. | Puig de la Cruz D. V.
Asesoramiento: Carreras Castañón G.
Colaboración: J. Mate Madrid, 1973

SIGNOS CONVENCIONALES

—	Contacto normal	—	Dirección y cantidad de buzamiento
—	Contacto normal supuesta	—	Buzamiento subvertical
—	Contacto discordante	—	Equivalencia subvertical
—	Contacto difuso	—	Equivalencia (rumbos y buzamientos)
—	Contacto mecánico	—	Rumbo y buzamiento de equivalencia de fase tardía
—	Anticlinal	—	Rumbo y buzamiento invertido de equivalencia
—	Anticlinal tumbado	—	Rumbo y buzamiento invertido de equivalencia
—	Sinclinal	—	Perforamiento subhorizontal
—	Sinclinal tumbado	—	Equivalencia subhorizontal
—	Dirección de tectónica	—	Centenas
—	Fraciones	—	Orientación de folios
—	Discontinuidad de los bloques	—	Orientación de folios
—	Frente de cabalgamiento	—	Orientación de folios

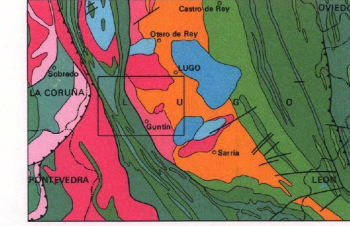
CORTES GEOLOGICOS



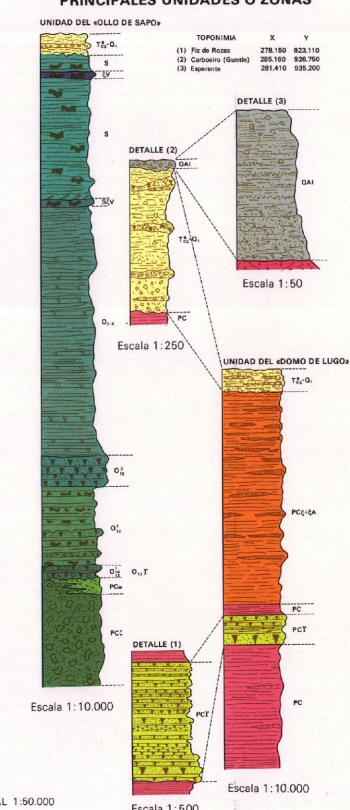
ESQUEMA TECTONICO



ESQUEMA REGIONAL



COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS EN LAS PRINCIPALES UNIDADES O ZONAS



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS CANALES Y PUERTOS DE A CORUÑA

AUTOR DEL PROYECTO:
Belén Quiroga Villamel
Firma:

TÍTULO DEL PROYECTO:
Playa fluvial en el río Miño a su paso por Lugo

DESIGNACIÓN DEL PLANO:
Plano geológico

ESCALA:
S.E.

1 de 1

FECHA:
Octubre 2015



ANEJO N°5

ESTUDIO GEOTÉCNICO



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS
3. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA Y MATERIALES
 - 3.1. INTRODUCCIÓN
 - 3.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA REGIÓN II
4. ESTUDIO GEOLÓGICO LOCAL
 - 4.1. INSPECCIÓN IN SITU
 - 4.2. OBRAS DE RECONOCIMIENTO
 - 4.3. TRABAJOS DE GABINETE
5. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS
 - 5.1. SONDEOS MECÁNICOS A ROTACIÓN
 - 5.2. CALICATAS MECÁNICAS
 - 5.3. ENSAYOS DE PENERACIÓN ESTÁTICA (SPT)
 - 5.4. ENSAYOS DE LABORATORIO
6. SONDEOS
7. NIVEL FREÁTICO
8. RESULTADOS
 - 8.1. PROPIEDADES GEOMECÁNICAS
 - 8.2. CARACTERÍSTICAS RESISTENTES



1. INTRODUCCIÓN

La finalidad de este apartado es definir las características geotécnicas y geomecánicas de los materiales afectados por la realización de las obras del presente trabajo. Hay que señalar que debido a las limitaciones propias del carácter académico del proyecto fin de grado, los datos de sondeos y calicatas son aproximaciones basadas en el tipo de suelo de la zona.

2. OBJETIVOS

Los objetivos planeados a la hora de llevar a cabo este estudio consisten en la estimación de las respuestas que las formaciones geológicas darán a las posibles solicitudes de la actuación. Los aspectos más importantes considerados y estudiados han sido los siguientes:

- Excavabilidad y estabilidad de desmontes de excavación
- Calidad y utilidad del producto de arranque

3. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA Y MATERIALES

3.1. INTRODUCCIÓN

Para la elaboración de este estudio previo se utiliza el Mapa Geotécnico del I.G.M.E. más concretamente la Hoja 8 (Lugo), área II3. A continuación se describirán las propiedades de la zona.

3.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA REGIÓN II

Situada al S y E de la Hoja, queda aproximadamente definida por los límites provinciales de A Coruña, comprendiendo en este caso superficies de las provincias de Pontevedra y Lugo. La influencia oceánica se hace menos patente en su clima, que puede llegar a ser extremado en el SE y zonas montañosas.

Su morfología es más variable, pudiéndose describir como montañosa, con una gran depresión central que presenta llanuras bien desarrolladas. La variación litológica también es superior a la de la Región I, dándose en la parte O filitas, pizarras, cuarcitas atravesadas por grandes macizos de granodioritas y una franja de metagrauwacas próxima y paralela a su límite O; en el SE afloran los granitos, gneises y rocas básicas, completándose este mosaico con manchas de arcillas neógenas que jalonan la depresión central.

Características generales del Área II3

Constituida por sedimentos terciarios y cuaternarios de tipo arcilloso, presenta una morfología muy llana. Su drenaje deficiente, baja capacidad de carga y el peligro de asientos diferidos importantes hacen que esta área presente propiedades geotécnicas desfavorables, que pudieran llegar a ser inadmisibles en zonas donde se observara contenido de materia orgánica o turba, cuyo peligro es potencial dadas las condiciones de sedimentación.

Formaciones superficiales y sustrato

Arcillas y arcillas con gravas, con peligro potencia de contener materia orgánica y turba. Incluye sedimentos terciarios y cuaternarios de carácter arcilloso, con contenido a veces de arenas y gravas, en las que, dadas sus condiciones de sedimentación, existe la posibilidad de que contengan materia orgánica y turba.

Características geomorfológicas

Llana y con pendientes generales inferiores al 7 por ciento, está constituida por cubetas de la depresión central rellenas de sedimentos blandos.

Características hidrológicas

Las cubetas rellenas de sedimentos arcillosos impermeables, juntamente con su morfología llana, determinan en ella condiciones deficientes de drenaje.

Características geotécnicas

Compuesta por depósitos arcillosos o arcillosos con gravas, tiene baja capacidad de carga y la posibilidad de asientos diferidos importantes. Las condiciones de sedimentación hacen temer el peligro de contenidos de materia orgánica y turba que agravarían sus malas condiciones geotécnicas.

4. ESTUDIO GEOTÉCNICO LOCAL

El estudio geotécnico de la zona se desarrolla en tres fases:

4.1. INSPECCIÓN "IN SITU"

En primer lugar, se llevó a cabo una inspección visual del entorno sobre el que se proyecta la construcción de la playa fluvial.

Se observa una zona vegetal más o menos humanizada realizada sobre los depósitos aluviales del propio río. La zona del aparcamiento actual será la misma.



4.2. OBRAS DE RECONOCIMIENTO

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de la visita realizada al entorno interesado, de la cual se derivó la necesidad real de prospeccionar el terreno, se diseñó una campaña de obras de reconocimiento que incluye los siguientes trabajos de campo:

- 3 sondeos a percusión.
- Ensayos de penetración estándar SPT.
- 4 calicatas mecánicas.
- Ensayos de laboratorio con las muestras obtenidas en los sondeos.

4.3. TRABAJOS DE GABINETE

Una vez realizados los trabajos de campo que se acaban de describir se elaboran los documentos gráficos y escritos que se infieren de los datos hallados, interpretando sus resultados.

5. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

5.1. SONDEOS MECÁNICOS A ROTACIÓN.

Son perforaciones de diámetros y profundidad variables que permiten reconocer la naturaleza y localización de las diferentes unidades geotécnicas del terreno, así como extraer muestras del mismo y, en su caso realizar ensayos a diferentes profundidades.

Dentro de las múltiples funciones que nos ofrece el sondeo nos centraremos en las que nos son útiles para la construcción de la playa, estas son:

- Realizar pruebas de deformabilidad o resistencia de tipo presiométrico, molinete, penetración estándar, etc.
- Tomar muestras de acuíferos profundos o realizar ensayos de permeabilidad in situ;
- Detectar y controlar las variaciones del nivel freático, para lo cual se instalarán tubos piezométricos en un número de sondeos suficiente, como mínimo un 30% para que dicho control sea fiable.

Los métodos más habituales para la ejecución de sondeos mecánicos son el de rotación con extracción de testigo continuo, percusión y mediante barrena helicoidal (hueca o maciza). Con objeto de caracterizar los materiales existentes en la zona de estudio, y acotar el espesor de las distintas formaciones, se han perforado un total de cuatro sondeos mecánicos a rotación a lo largo de la traza.

En el interior de los sondeos se han extraído muestras inalteradas (MI) por hincado a percusión de un tomamuestras de pared gruesa, de 86 mm de diámetro exterior, con una maza de 63,5 kg cayendo

desde una altura de 75 cm, diseñado especialmente para que la muestra se recupere en el interior de un tubo de PVC que, cerrado herméticamente, mantenga inalterada largo tiempo las propiedades del terreno ensayado.

Tras la terminación de cada sondeo se ha instalado tubería de PVC ranurada para efectuar lecturas piezométricas y controlar la evolución de los niveles de agua en el subsuelo.

5.2. CALICATAS MECÁNICAS.

Son excavaciones de formas diversas (pozos, zanjas, rozas, etc.) que permiten una observación directa del terreno, así como la toma de muestras y, eventualmente, la realización de ensayos in situ. Este tipo de reconocimiento podrá emplearse con:

- Profundidad de reconocimiento moderada (< 4m)
- Terrenos excavables con pala mecánica o manualmente
- Ausencia de nivel freático, en la profundidad reconocida o cuando existan aportaciones de:
 - Agua moderadas en terrenos de baja permeabilidad
 - Terrenos preferentemente cohesivos
 - Terrenos granulares en los que las perforaciones de pequeño diámetro no serían representativas.

El reconocimiento del terreno mediante calicatas es adecuado cuando se puede alcanzar en todos los puntos el estrato firme o resistente con garantía suficiente y no sea necesario realizar pruebas in situ asociadas a sondeos (como ensayos de penetración estándar).

Se excluirá este método cuando pueda deteriorarse el terreno de apoyo de las futuras cimentaciones o se creen problemas de inestabilidad para estructuras próximas.

En el caso que nos ocupa se han efectuado cuatro calicatas mecánicas, con el objeto de definir el espesor y características geotécnicas de los suelos de alteración, reconocer la cota de aparición del sustrato rocoso y precisar la posición de los niveles de agua. Como el proyecto no requiere de una excavación profunda se dará importancia a estos trabajos.

En la excavación de cada una de las zanjas se ha procedido a la toma de muestras en bolsa y saco para su posterior ensayo en laboratorio.

5.3. ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁTICA (SPT)

El ensayo de penetración estándar consiste en el hincado de una varilla o barra en el terreno ensayado por golpeo de la misma con un peso.

Mediremos el número de golpes necesarios para hincar la varilla una determinada profundidad. Si para ello se requiere un número de golpes por encima de un límite prefijado se ha producido rechazo.



6. SONDEOS

Se ha estimado conveniente practicar tres sondeos de penetración. Uno de ellos en el aparcamiento que se dispondrá y dos de ellos en la zona de la playa con a principal función de localizar el nivel freático para evitar la inundación de parte de la playa. También se extraerán testigos a fin de conocer las características geológicas de los materiales ahí presentes.

Se han obtenido los siguientes resultados:

SONDEO 1

Descripción del terreno muestra	Profundidad (m)	Espesor estrato	Golpes/30 mm
Cobertura vegetal	0.00	0.20	8
Aluvial de arenas	0.20	1.80	20
Aluvial de gravas	2.00	2.00	Rechazo
Roca	4.00	Indefinido	

SONDEO 2

Descripción del terreno muestra	Profundidad (m)	Espesor estrato	Golpes/30 mm
Cobertura vegetal	0.00	0.25	7
Aluvial de arenas	0.25	1.15	17
Aluvial de gravas	1.40	2.30	Rechazo
Roca	3.7	Indefinido	

SONDEO 3

Descripción del terreno muestra	Profundidad (m)	Espesor estrato	Golpes/30 mm
Cobertura vegetal	0.00	0.30	6
Aluvial de arenas	0.30	1.25	15
Aluvial de gravas	1.55	2.35	Rechazo
Roca	3.9	Indefinido	

Los estratos que se van a tener que atravesar presentan propiedades mecánicas muy diferentes. A partir de estos sondeos se pudo identificar la existencia de la siguiente columna litológica:

- Horizonte aluvial constituido por limos arenosos, con gran cantidad de micas y abundante materia orgánica, con un contenido en fracción arcillosa muy bajo. Son abundantes los restos vegetales y la tonalidad es negruzca. La potencia de este estrato es variable pero nunca superior a los dos metros.
- Aluvial de gravas, que se define como un tramo basal del acúmulo de génesis fluvial, integrado por gravas de naturaleza cuarcítica, subredondeadas y englobadas, con empaquetado de medio a medio-denso, en arenas groseras y gravillas. El color del conjunto es también negruzco. La potencia máxima se estima en dos metros.

Con ello podemos determinar la compacidad del terreno que atravesamos. Es un ensayo discontinuo porque obtenemos información del entorno del punto que atravesamos.

Estos ensayos han sido realizados con un penetrómetro dinámico Standard, dando lugar a lo que se conoce como ensayo SPT (Standard Penetration Test). El penetrómetro consta de una maza de 63,5 kg con una caída libre desde una altura de 76 cm. El varillaje se introduce por medio de una puntaza cónica perdida de diámetro 5.1 cm, ángulo 60º y área 20 cm2, midiéndose el número de golpes N30 necesarios para hincar 30 cm la puntaza en el terreno.

Los resultados obtenidos mediante el ensayo SPT han sido objeto de numerosos estudios encaminados a correlacionar el número de golpes obtenido en dicho ensayo con parámetros geotécnicos de gran importancia, de forma que disponer de ellos facilita mucho la estimación de estos parámetros, así como la comprensión de los valores obtenidos y la comparación con otros suelos.

Si se considerase necesario se deberían practicar ensayos específicos para el suelo en estudio que ofreciesen valores más fiables de los parámetros necesarios.

En cada uno de los sondeos se han realizado ensayos SPT a distintas profundidades. Al aprovechar las localizaciones de los sondeos para realizar dichos ensayos, todas las zonas quedan geotécnicamente definidas.

El primer nivel está formado por el horizonte aluvial formado por limos arenosos de mayor potencia que el observado en la otra margen.

Posteriormente sigue el aluvial de gravas y bolos de compacidad media-densa con menor potencia que el de la otra margen.

Finalmente se produce rechazo en el ensayo SPT que indica la presencia del macizo rocoso.

5.4. ENSAYOS DE LABORATORIO.

Las muestras de terreno obtenidas en la campaña de campo, se trasladan al laboratorio para elaborar la caracterización los materiales pertenecientes a las distintas litologías presentes a lo largo de la traza.

El conjunto de ensayos realizados en muestras de suelo se puede agrupar en:

- Ensayos de identificación y estado: análisis granulométrico por tamizado, límites de Atterberg, densidad seca y aparente, humedad natural.
- Ensayos de resistencia y deformabilidad: compresión simple, corte directo, triaxial, ensayo edométrico.
- Ensayos químicos: contenido en carbonatos, sulfatos, sales solubles y materia orgánica. Acidez Baumann-Gully. Agresividad del agua para cimentaciones (según EHE).
- Ensayos de compactación: Proctor Modificado, CBR.
- Otros: hinchamiento libre en edómetro, índice de colapso.



- Macizo rocoso metamórfico, integrado por esquistos biotíticos que intercalan niveles de neises, cuarcitas y metabasitas. La tonalidad de este conjunto es grisácea-negrizca en corte fresco. Está afectado por una densa red de diaclasado que individualiza sólidos tubulares alargados. La resistencia varía desde R2-R3 (esquistos) hasta R4-R5 (metabasitas). El grado de meteorización es II-III.

7. NIVEL FREÁTICO

A través de los sondeos en la zona de la playa se localizó el nivel freático en la base de los sondeos, es decir, en torno a los 5-5,5 metros de profundidad; si bien el estrato del aluvial de gravas se extrae ya saturado en agua.

En el caso del sondeo correspondiente al aparcamiento el nivel freático se encontró a los 6 metros de profundidad.

8. RESULTADOS

8.3. PROPIEDADES GEOMECÁNICAS

Debido al carácter académico de este proyecto, no se dispone de los resultados de ensayos de laboratorio realizados sobre muestras reales de terreno. Por tanto, será necesario estimar las propiedades geotécnicas del subsuelo a partir de correlaciones empíricas suficientemente contrastadas y datos existentes para terrenos comparables al de la zona de ubicación del paseo.

A continuación se muestran las propiedades geotécnicas de interés de cada uno de los niveles que constituyen el perfil estratigráfico del subsuelo:

- Aluvial fino. Limos arenosos.

Parámetros		Tipo de Muestra	Limo arenoso
Identificación	Límites de Atterberg		
	Límite Líquido [LL]		26
	Límite Plástico [PL]		20
	Índice de Plasticidad [IP]		6
	Clasificación de Casagrande		ML
	Densidad seca (g/cm³)		1,7
	Humedad (%)		22
	Densidad aparente (g/cm3)		2,1
	Permeabilidad (m/s)		1,50E-06

Mecánicos	Resistencia al corte sin drenaje	15
	Ánulo de rozamiento	32
	Ángulo de rozamiento residual	27
	Cohesión	-
	Módulo de compresibilidad (Kpa)	5500
Otros	Contenido en materia orgánica	1,5
	Presencia de sulfatos solubles	NO

- Aluvial Grueso: Gravas arenosas.

Parámetros		Tipo de Muestra	Grava arenosa
Identificación	Límites de Atterberg		
	Límite Líquido [LL]		-
	Límite Plástico [PL]		-
	Índice de Plasticidad [IP]		-
	Clasificación de Casagrande		GM
	Densidad seca (g/cm³)		2.1
	Humedad (%)		3
	Densidad aparente (g/cm3)		2.2
	Permeabilidad (m/s)		1,0E-02
Mecánicos	Resistencia al corte sin drenaje		-
	Ánulo de rozamiento		38
	Ángulo de rozamiento residual		33
	Cohesión		-
	Módulo de compresibilidad (Kpa)		65000
Otros	Contenido en materia orgánica		0.2
	Presencia de sulfatos solubles		NO



- Sustrato rocoso: Esquisto Micacítico

Parámetros	Tipo de Muestra	Limo arenoso
Identificación	Densidad seca (g/cm ³)	2.7
	Humedad (%)	0.2
	Resistencia a compresión simple (Mpa)	125
Mecánicos	Módulo de deformación (Mpa)	35000
	Coeficiente de Poisson	0.18
Otros		

8.4. CARACTERÍSTICAS RESISTENTES

La observación detallada de los resultados anteriores, que presentan los diferentes niveles en las paredes de los sondeos realizados y la estimación de la compacidad de los materiales de ellos extraídos, permiten deducir la respuesta de los mismos frente a una obra como la proyectada.

El macizo rocoso no presenta ningún tipo de inestabilidad. La compacidad del relleno es muy variable, como corresponde a su carácter heterogéneo, aunque en general puede considerarse media.

Por su parte, la unidad aluvial se desmorona con facilidad y presenta una compacidad baja que aumenta ligeramente en profundidad. No se estiman para ella cargas admisibles superiores a 1.4 kg/cm², en base a gráficos que correlacionan el número de golpes SPT (N) con la carga admisible por el terreno.

El estrato de gravas posee una condición geomecánica más favorable con una compacidad media-alta.

Con los resultados del ensayo SPT se puede asignar una carga admisible de 3 kg/cm²

Por otra parte, el macizo rocoso metamórfico presenta un grado de meteorización II-III y se encuentra afectado por una densa red de diaclasado.

Se puede estimar la carga que, con carácter conservador, podrá soportar este estrato. Para ello se emplean las tablas y gráficos elaborados por el Laboratorio de Geotecnia del CEDEX e incluidos en su publicación "Cargas admisibles de cimentaciones en roca basadas en un criterio de rotura no lineal". Para entrar en las tablas y gráficos que se proponen en la citada referencia necesitamos conocer los siguientes datos:

- Tipo de roca.
- Resistencia media a compresión simple de las probetas extraídas.
- Índice geomecánico RMR del sustrato rocoso.

El estrato rocoso de la zona de proyecto se incluye en las denominadas rocas ígneas y metamórficas.

Como resistencia a compresión simple de la roca constituyente del estrato se toma, del lado de la seguridad, el menor de los valores obtenidos de los ensayos realizados:

$QC = 110 \text{ kg/cm}^2$

En función del valor del índice RMR, un sustrato rocoso se puede clasificar como muy bueno (grado I), bueno (II), regular (III), malo (IV) o muy malo (V). Según la clasificación I.S.R.M. le hemos asignado a nuestra roca el grado II, por tanto, se incluirá también en el grado II de la clasificación RMR.

Éste aporta un rango de valores del índice que oscila entre 60 y 80, del lado de la seguridad se tomará el valor 60.

Entrando en la gráfica correspondiente a rocas ígneas y metamórficas, y con un valor de resistencia a compresión simple de 11 Mpa en abscisas, obtenemos en ordenadas, para una curva de RMR=60, un valor de carga admisible de aproximadamente 0.9 Mpa.

$Q_{adm} = 0.9 \text{ Mpa} = 9 \text{ kg/cm}^2$

Esta carga en la zona del aparcamiento ya que en la playa fluvial no tendría sentido plantearse.

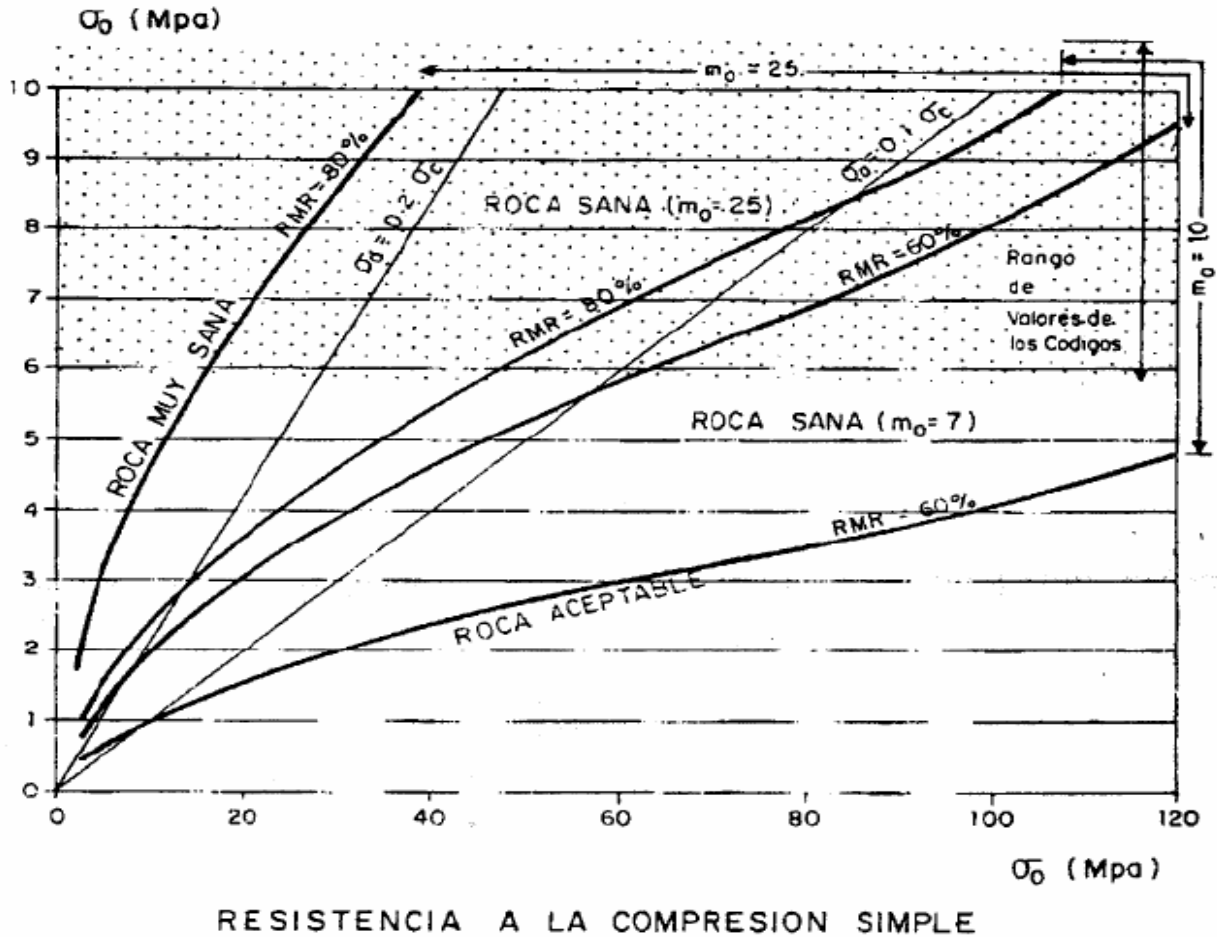


Figura 1. Resistencia a la compresión simple de las rocas ígneas y metamórficas.



ANEJO N° 6

ESTUDIO

DE ALTERNATIVAS



ÍNDICE

- 1. INTRODUCCIÓN
- 2. ESTADO ACTUAL Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO
- 3. CRITERIOS DE SELECCIÓN
- 4. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS
- 5. VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS
- 6. ELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN DEFINITIVA
- 7. ANEXOS
 - 7.1. SITUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS
 - 7.2. ZONA I
 - 7.3. ZONA II
 - 7.4. ANEJO FOTOGRÁFICO

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este proyecto es la ejecución de una playa fluvial en el río Miño a su paso por la ciudad de Lugo.

En este anejo se describirá el estado actual de la zona y las necesidades requeridas que motivan este proyecto para después exponer las alternativas que han sido analizadas desde un punto de vista multicriterio. Así se tendrán en consideración efectos no cuantificables en unidades tales como el impacto ambiental o los efectos paisajísticos, que son de gran importancia en una actuación en el entorno natural.

El proyecto recoge los siguientes aspectos:

- Generar un espacio cómodo y seguro que permita el baño en el río Miño para los usuarios.
- Integrar la playa fluvial en el paseo fluvial ya existente.
- Minimizar el impacto visual de la actuación en el conjunto paisajístico.
- Dotar el área de descanso del equipamiento y mobiliario urbano necesarios.

2. ESTADO ACTUAL Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Situación actual

Lugo es un municipio, capital de la provincia e mismo nombre, situado en Galicia. Se trata de una zona de gran atractivo paisajístico del cual cabe destacar su gran interés histórico y cultural.



Fig.1 Mapa de situación

En la actualidad, la ciudad de Lugo mantiene una estrecha relación con el río Miño, si bien el cauce del río no se entrelaza con el tejido urbano de la ciudad, supone un cinturón verde que rodea el suroeste de la ciudad.

Por otra parte, en el lado Este de la ciudad se encuentra el río Da Chanca, un pequeño afluente del Miño que completa el cinturón verde de la ciudad.



Fig 2. Situación del río Miño y río da Chanca en relación con la ciudad de Lugo

Ambos ríos cuentan con un paseo en sus márgenes, en el caso del río Miño el paseo discurre por la margen izquierda desde el barrio de As Saamasas en la zona conocida como Los Robles hasta el barrio de a Tolda, prácticamente hasta alcanzar la unión de los dos ríos.



Fig.3 Recorrido del paseo del Río Miño

El paseo del río de A Chanca recorre el lado Este de la ciudad desde el barrio de Paradai hasta la desembocadura en el río Miño.

Ambos paseos fluviales disponen de sendas para peatones y mobiliario urbano debidamente situado a lo largo del recorrido. El paseo del Río Miño cuenta también en algunos de sus tramos con carril bici. En concreto, las dos zonas estudiadas en las alternativas son las que cuentan con mayor superficie a partir del cauce del río, las características concretas de las mismas se comentan en el apartado de alternativas.



Fig 4 y 5. Imágenes de las sendas peatonales del Miño y río da Chanca respectivamente

Justificación del proyecto

En cuanto a la posibilidad de baño en el río, la ciudad no ofrece ninguna zona pública habilitada para ello. Si bien es cierto que las instalaciones del Club Fluvial disponen de un área acondicionada para tal fin, las instalaciones sólo están disponibles para socios.

Dichas instalaciones están situadas en la margen derecha del río, frente al paseo del Miño y cuentan tanto con piscinas exteriores como una zona de baño en el río, aún así, en los días de mayor afluencia en verano las instalaciones se saturan y no disponen de cabida suficiente para todos los usuarios.



Fig 6. Instalaciones del Club Fluvial de Lugo

Por ello los lucenses se ven obligados a desplazarse a localidades cercanas para poder disfrutar de una zona de baño correctamente acondicionada para el baño en el río, o limitarse a tomar el sol en las zonas más amplias del paseo fluvial, estampa típica del verano en la ciudad.

En ciertos casos, la gente decide usar el río en la zona del comienzo del paseo como zona de baño. En esta zona existe un pantalán, pese no consta con ningún tipo de acondicionamiento ni garantía para la seguridad de los bañistas, lo que desencadenó accidentes en varias ocasiones.

Esta carencia en los servicios de la ciudad ha sido demanda por la sociedad lucense desde hace años, como se ve reflejado en múltiples ocasiones en la prensa local.

EL PROGRESO

Un año más, aquí no hay playa

Jueves 28 de Abril de 2011 | María Salinas

| 12 DE JULIO DE 2009.

La Voz de Galicia

Apoyo unánime de los bañistas lucenses a la playa fluvial del Miño

Fig 7 y 8. Titulares recogidos de la prensa local

Cabe destacar que la existencia de la playa fluvial en la ciudad de Lugo supondría un mayor aprovechamiento de los recursos naturales que le brinda su entorno le brinda, mejorando el potencial de la zona para el disfrute social de la población lucense.

El objeto de este proyecto es que dicho aprovechamiento resulte sostenible desde un punto de vista medioambiental. La protección del entorno debe fundamentarse en una concienciación social del valor de esta zona. Por tanto, las dotaciones y actuaciones que se prevén en el proyecto deben integrarse en el entorno.

Por último, debemos mencionar el *Plan Estratégico para el desarrollo socioeconómico de Lugo* elaborado por el Ayuntamiento y que tiene como objetivo central:

“Hacer de Lugo una ciudad moderna, vertebrada y activa en el marco territorial del noroeste español, que lidere e impulse los potenciales provinciales, a través de un mayor



protagonismo como ciudad productiva, abierta y atractiva, que sea referente de un entorno natural, histórico y cultural de gran valor, con proyección y conocimiento exterior."

Dicho plan consta de diversas líneas estratégicas, el proyecto analizado tendría cabida en la Línea número 2, que pretende:

"Potenciar la ciudad como un área urbana activa culturalmente y con mayor y mejor ocio, así como de calidad de vida, en un marco natural de gran valor, impulsando un modelo que priorice su atractivo, la calidad del espacio público, y de proyectos arquitectónicos, que favorezcan consolidarse como una ciudad agradable para la convivencia y atractiva para sus visitantes."

Concretamente, el objetivo 34:

"Completar y proteger el cinturón verde de la ciudad, respetando el medioambiente con especial atención al proyecto para unir las áreas del Río Da Chanca y paseo Río Miño y potenciarlas con zonas verdes, áreas de ocio,..."

Por tanto, la ejecución de la playa fluvial entra dentro de las expectativas de crecimiento y mejora de los servicios de la ciudad, así como suponer un nuevo foco de atracción para el turismo y el sector servicios de la ciudad.

3. CRITERIOS DE SELECCIÓN

Criterio funcional

Se tendrá en cuenta la continuidad con el paseo y las infraestructuras ya existentes, así como el fácil acceso. Se pretende crear una obra que dé continuidad a las ya existentes y que no suponga una ruptura con el paisaje actual.

Se valorará la comodidad y accesibilidad a la zona de baño así como la seguridad de los usuarios.

En resumen, que la obra resuelva correctamente las labores para las que es encomendada.

Criterio económico

Teniendo en cuenta los materiales empleados, las expropiaciones y los movimientos de tierra necesarios para la ejecución del proyecto.

Criterio medioambiental

Control de poblaciones piscícolas: La cantidad de oxígeno en agua, temperatura, velocidad de la corriente y dureza son entre otros algunos de los condicionantes para la existencia de vida acuática.

Vegetación: Constituyen el hábitat de muchos organismos y suponen la base de la cadena trófica del río, a su vez, también regulan la dinámica fluvial.

Criterio de impacto visual

Debido al emplazamiento de la playa fluvial, se requiere una actuación que no suponga una grave alteración del entorno y que se mimetice con la naturaleza y el paisaje.

4. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Emplazamiento

Las zonas descritas a continuación están señaladas en el apartado 7.1.Situación de las alternativas de este documento.

Zona I

La primera de las opciones se encuentra en el margen izquierdo del Miño, en el paseo fluvial ya construido.

Como se mencionó anteriormente, es una de las áreas más transitadas y usadas del paseo, sobre todo en la época estival.

El área de recreo cuenta con una zona muy amplia de casi dos hectáreas de terreno, por lo que el espacio sería suficiente para habilitar todos los servicios requeridos sin crear un gran impacto visual en el entorno, en la actualidad dispone de unas 30 plazas de aparcamiento, que resultan insuficientes, provocando aparcamientos indebidos y ocupación de uno de los carriles en las épocas de mayor afluencia.

La zona destinada al baño tiene un calado aproximado de 2 m en condiciones normales, con el calado medio de la época estival, podemos estimarlo en 1,6 m aproximadamente y con velocidades suficientemente bajas.

Los márgenes del río son bastante verticales, lo que obligaría a suavizar la sección para permitir al usuario la entrada en el agua de forma más cómoda y segura.



Fig 9 y 10. Estado actual de los márgenes del río.

Zona II

La segunda situación estudiada se encuentra en la desembocadura del río A Chanca en el río Miño.

La zona está más alejada del núcleo urbano, es mucho menos frecuentada y carece de tanta actividad en verano. El espacio disponible para en esta localización es incluso mayor, de unas cuatro hectáreas, el espacio para las infraestructuras necesarias está asegurado.

En este tramo del río la profundidad y las velocidades son mucho menores. En el cauce del río existe un caneiro que lo cruza de lado a lado, dicha estructura está deteriorada en ciertos puntos, lo que supone un riesgo para la gente que lo transita. La rehabilitación del mismo, a parte de una mejora del entorno aumentaría un poco el nivel de la lámina de agua, haciendo que el baño fuera más cómodo y agradable.

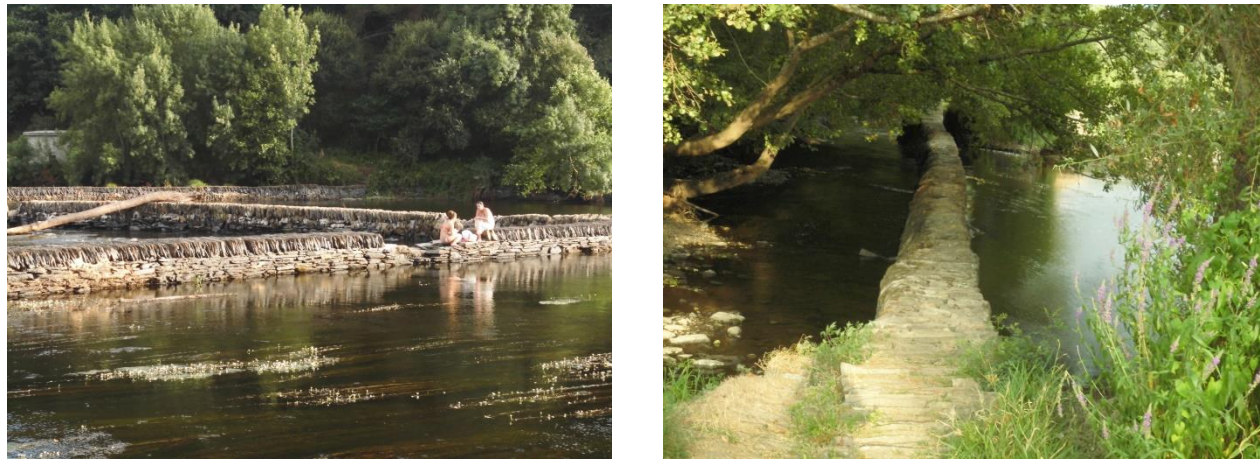


Fig 11 y 12. Imágenes del caneiro, siendo empleado por los usuarios.

En cuanto a la sección transversal del río, en esta zona es más tendida y no tan brusca como en la Zona I.

Además, en la zona II se observa un tramo en el que el paseo fluvial está cortado, en lugar de la senda amplia del resto del paseo, sólo existe un pequeño camino abierto entre la vegetación, impidiendo así la comunicación de la playa fluvial con el resto del paseo del Miño. Esta alternativa implicaría la continuación y unificación de las dos áreas.



Fig 13. Tramo de la senda peatonal que no continúa con el ancho del resto del paseo.

Por último, este emplazamiento cuenta tan solo con unas 15 plazas de aparcamiento disponibles, por lo que sería necesario ampliar el número de las mismas.

Zona de baño

A la hora de adaptar la sección del río para que permita un acercamiento a la lámina de agua, hay que tener en cuenta varios aspectos como la rugosidad, el impacto visual, la integración en el entorno y el confort del usuario.

Plataforma de madera

Una plataforma de madera podría ser una buena solución para resolver la entrada en la zona destinada al baño, la adaptabilidad al medio en este caso es óptima y el impacto visual y paisajístico prácticamente nulo. No se modifica la sección del río ni su flujo natural.

En cuanto a la funcionalidad, a parte de las tareas de conservación y mantenimiento que supone, no crea un espacio de transición para el usuario al entrar en el agua y la comodidad de la misma depende mucho del nivel de la cota de agua en cada ocasión.



Fig 14. Plataforma de madera para el baño en el río Limmat, Zurich

Hormigón

La opción de disponer una rampa de hormigón en la orilla del río supone una actuación demasiado dura, tanto por la modificación del cauce natural como el proceso de ejecución de la obra.

El hormigón supondría una entrada uniforme en el agua, pero no resulta la superficie más cómoda para caminar. La mayor ventaja que presenta esta alternativa

Arena

Tratándose de un material natural el impacto visual será mínimo, pero conlleva el problema del transporte de sedimentos y la modificación del cauce y la dinámica de la corriente del río debido a este fenómeno no solo en este punto si no también aguas abajo donde la sedimentación se produzca.

Económicamente, la solución inicial no supone un gran coste, pero habría que tener en cuenta las reposiciones periódicas que deberían realizarse tras cada época invernal. Cabe destacar también, que



la arena no impediría la aparición de vegetación en el área de baño, efecto que consideraremos negativo, ya que implica un trabajo de mantenimiento y limpieza periódico.

Para el usuario, esta opción sería la más cómoda, ya que presenta una pendiente suave y agradable en el paso de la orilla al agua.

Piedra

Es la opción más natural y en consonancia con el entorno. Un descenso desde la orilla hasta el lecho del río en piedra supondría un tránsito agradable para el usuario y sería bastante similar al resultado

Aparcamiento

Se pretende alejar lo máximo posible el área destinada a automóviles del cauce del río, dejando esta zona fuera del área afectada por la avenida de 50 años. Se tendrá en cuenta también el uso de las plazas de aparcamiento ya existentes, tras su reparación y ampliación.

Se analizan a continuación distintas tipologías para el pavimento del aparcamiento:

Mezcla bituminosa en caliente sobre zahorra artificial

Este pavimento proporciona una rodadura óptima y silenciosa. En el caso de este proyecto la comodidad del conductor pasa a un segundo plano, ya que toma mayor importancia el aspecto paisajístico y ambiental. En este caso la solución supone un gran impacto, siendo una actuación dura, tanto una vez acaba la obra como durante el proceso de ejecución.

Adoquines

El efecto conseguido por los adoquines resulta mucho más estético y menos agresivo en el entorno. La solución resultará más incómoda respecto a la maniobrabilidad y confort de los vehículos, pese a parecer una desventaja esto ayudará a reducir las velocidades y priorizar el tránsito de peatones frente a vehículos.

Pavimento continuación del paseo fluvial

Pavimento con losas de pizarra

Estéticamente se adapta bastante bien al entorno. Sin embargo, sigue tratándose de un material duro para una zona en la que el paisaje está muy poco urbanizado.

Pavimento con madera

La madera, desde el punto de vista estético, constituye una buena opción sin perder originalidad. Se adaptaría bien al entorno natural donde se desarrolla el proyecto. Es un material que en la actualidad experimenta un auge. Sin embargo, presenta el inconveniente de su elevado precio.

Pavimento de jable

Se caracteriza por ser un material que se integra perfectamente en el entorno natural (tiene unos tonos marrones y ocre que no van a destacar tanto del resto del entorno) y que posee unas características positivas para el buen camino de los peatones y permite incluso el paso de bicicletas.

Actuación sobre el caneiro

Retirada de la estructura

La primera opción planteada es la retirada de la estructura para devolverle al río su aspecto original y que el cauce siga su curso natural

Reparación

Dado el estado en el que se encuentra la construcción se plantea una reparación de los daños para evitar su deterioro progresivo.

Remodelación con pasarela de madera

Aprovechando la estructura ya existente se plantea la posibilidad de tras la reparación de la estructura actual se complete con una pasarela de madera que permita el tránsito de personas más cómodamente, ya que en la actualidad es habitual ver a gente caminando o sentada sobre ella.

5. VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS

Se le asignará a cada alternativa una puntuación de 1 a 10 para cada criterio de selección (siendo los valores altos los positivos) y se ponderarán dichas puntuaciones según los siguientes factores:

Criterio	Factor de ponderación
Funcional	0.3
Económico	0.2
Medioambiental	0.25
Impacto visual	0.25

Tabla 1. Factores de ponderación

Como se observa en la tabla, el factor medioambiental y el impacto visual suponen la mitad de la calificación de las alternativas, esto se debe al emplazamiento del proyecto, en un hábitat natural de gran valor paisajístico.

Una vez elegido el emplazamiento el resto de alternativas se valorarán teniendo en cuenta ya la situación definitiva.



Emplazamiento

Alternativa	Funcional	Económico	Medioamb.	Imp.Visual	Total
Zona I	8	9	5	5	6.7
Zona II	8	7	6	7	7.05

Tabla 2. Valoración emplazamiento

Funcionalidad

La accesibilidad a ambas zonas está garantizada, ya que hay carreteras que llegan hasta la zona en ambos casos.

El espacio disponible para ejecutar las instalaciones también es suficiente en ambos casos, en el caso de la Zona II el espacio de aparcamiento es menor y supondría un aumento considerable del mismo. Esta opción, recibe mayor puntuación en cuanto a la continuación del espacio verde ya creado, pues conseguiría unificar definitivamente los dos paseos y repartir más los usuarios a lo largo del mismo en lugar de concentrarse en la Zona I como ocurre en la actualidad.

Económico

En este caso la Zona II recibe menor puntuación ya que conlleva más obras de acondicionamiento de la zona y actuaciones complementarias como la ampliación del tramo del paseo y la rehabilitación del canchero.

Medioambiental

Ambas zonas están enmarcadas en un entorno natural, por lo que cualquier actuación sobre ellas supone una modificación del comportamiento habitual del río. Partiendo de esta base, se considera que actuar en la Zona II supone un menor trastorno en el transcurrir natural del cauce, dado a la construcción ya existente, al menor caudal y a la mayor facilidad de adaptar la obra a la orografía del río.

Impacto visual

La Zona I es un espacio mucho más abierto y con más panorámica al río, mientras que la Zona II es más recogida, por lo que cualquier actuación en la orilla supondrá menor impacto.

Por último el espacio destinado a los equipamientos está más alejado del cauce del río en la Zona II lo que aumenta la puntuación de la misma.

Zona de baño

Alternativa	Funcional	Económico	Medioamb.	Imp.Visual	Total
Plataforma de madera	6	8	9	8	7.65
Hormigón	7	10	4	2	5.6
Arena	6	9	5	7	6.6
Piedra	7	8	7	9	7.7

Tabla 3. Valoración zona de baño

Funcionalidad

En este aspecto reciben mayor puntuación las alternativas realizadas en hormigón y piedra por presentar una mayor comodidad para los usuarios.

La arena se ve penalizada por el problema que supondría evitar que fuera arrastrada por la corriente en los momentos en que el nivel del río es mayor.

Económico

Sin duda, la opción más valorada económicamente es el hormigón por su bajo precio frente al resto de opciones.

Medioambiental

El hormigón queda descartado después de la valoración de este punto, ya que es una actuación muy dura, tanto por el resultado final como los trabajos necesarios en su ejecución.

Impacto visual

Se califica la piedra como mejor opción tanto por ser un material natural y concordar con el entorno.

Se añade el hecho de concordar con el material del canchero, creando continuidad y uniformidad entre ambos elementos.

Aparcamiento

Alternativa	Funcional	Económico	Medioamb.	Imp.Visual	Total
Mezcla bituminosa	9	8	4	4	6.3
Adoquines	7	6	8	7	7.05

Tabla 4. Valoración aparcamiento

Dado la preferencia en la zona de peatones sobre los vehículos y que el impacto ambiental del adoquín es mucho menor, las puntuaciones asignadas son mayores para este último material.

Pavimento continuación del paseo fluvial

Alternativa	Funcional	Económico	Medioamb.	Imp.Visual	Total
Losas de pizarra	8	6	8	6	7.1
Madera	7	6	8	7	7.05
Jabre	8	8	8	9	8.25

Tabla 5. Valoración continuación del paseo fluvial



Se valoraron distintos tipos de pavimentos para la realización del fragmento de paseo inacabado, se tiene en cuenta la continuidad con el tramo anterior, por lo que se considera que el pavimento de jabre es el más adecuado para la obra.

Actuación sobre el caneiro

Alternativa	Funcional	Económico	Medioamb.	Imp.Visual	Total
Retirada	3	4	9	8	5.95
Reparación	5	6	5	7	5.1
Remodelación	8	3	5	6	6.0

Tabla 6. Valoración actuación sobre el caneiro

Funcionalidad

El efecto que realiza el caneiro reteniendo el agua y disminuyendo la velocidad del agua nos beneficia en cuanto que es el resultado que deseamos para la zona de baño, por lo tanto su eliminación se puntúa negativamente en este apartado.

La opción de remodelar el caneiro incluyendo sobre él una pasarela de madera aporta un nuevo enfoque aumenta la funcionalidad, no solo disminuyendo la velocidad, que estaría cubierta también con la reparación, si no que ofrece un uso más seguro del mismo.

Económico

La reparación es la opción más económica por ser la que requiere un menor número de actuaciones.

Medioambiental

Sin duda, desde el punto de vista medioambiental la mejor opción es el estado natural del cauce, por lo que la eliminación del caneiro sería la opción más adecuada.

Impacto visual

En este caso, la retirada de la estructura también sería la alternativa que ofrecería un paisaje más natural y puro. Partiendo de la situación actual, existiendo ya la estructura, la reparación o remodelación no causaría grandes cambios respecto a la actual.

6. ELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN DEFINITIVA

Una vez analizadas todas las opciones planteadas en el estudio de alternativas podemos resumir las actuaciones que se van a llevar a cabo:

La playa fluvial se situará en la Zonall, se acondicionará con zonas de aparcamiento así como los equipamientos necesarios tales como duchas y vestuarios.

Se ampliará la senda que recorre la margen izquierda del río en el último tramo del paseo antes de llegar a la zona de actuación y se rehabilitará el caneiro existente en el cauca del río, dotándolo de una pasarela superior de madera.

La zona destinada al baño se realizará en piedra, mientras que el pavimento del paseo será ejecutado en jabre y el aparcamiento se realizará con adoquines.

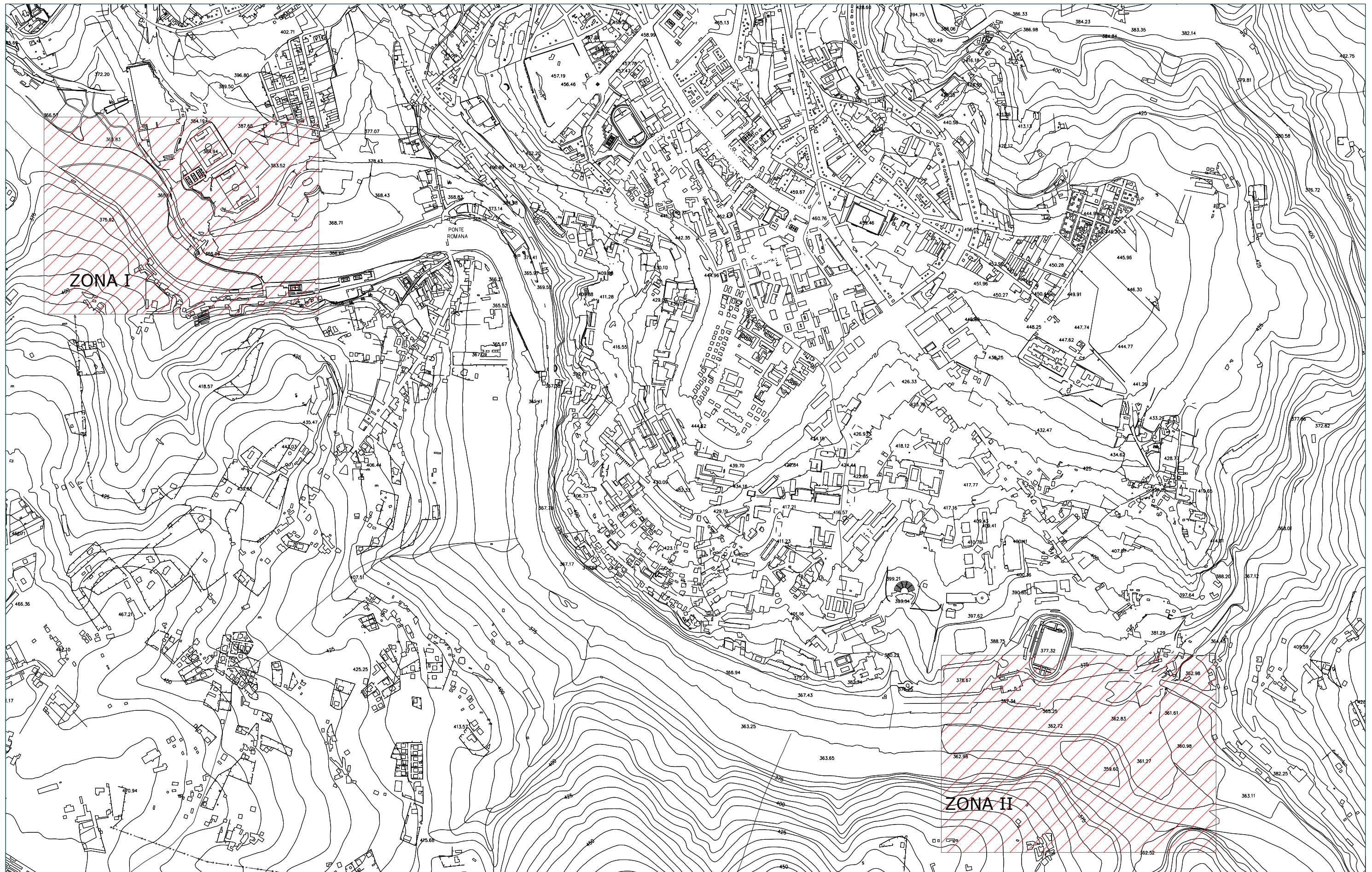
7. ANEXOS

7.1. SITUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

7.2. ZONA I

7.3. ZONA II

7.4. ANEJO FOTOGRÁFICO



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS DE CAMINOS
CANALES Y PUERTOS DE A
CORUÑA

AUTOR DEL PROYECTO:

Belén Quiroga Villamel

TÍTULO DEL PROYECTO:

Playa fluvial en el río Miño a su paso por Lugo

DESIGNACIÓN DEL PLANO:

Alternativas

ESCALA:

1:10.000

FECHA:
Octubre 2015



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS DE CAMINOS
CANALES Y PUERTOS DE A
CORUÑA

AUTOR DEL PROYECTO:

Belén Quiroga Villamel

TÍTULO DEL PROYECTO:

Playa fluvial en el río Miño a su paso por Lugo

DESIGNACIÓN DEL PLANO:

Playa fluvial en el río Miño a su paso por Lugo

ESCALA:

FECHA:
Octubre 2015

7.4.ANEJO FOTOGRÁFICO



Foto1. Estado actual del caneiro



Foto3. Estado actual del caneiro



Foto2. Estado actual del caneiro



Foto4. Estado actual del caneiro



Foto5 . Tramo del paseo fluvial sin pavimentar.



Foto7. Estado actual del aparcamiento.



Foto6. Encuentro entre el paseo de jabre y la senda de tierra.